

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/JP05/002374

International filing date: 09 February 2005 (09.02.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP
Number: 2004-032933
Filing date: 10 February 2004 (10.02.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 28 April 2005 (28.04.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

04. 3. 2005

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 2 0 0 4 年 2 月 1 0 日

出 願 番 号
Application Number: 特 願 2 0 0 4 - 0 3 2 9 3 3

パリ条約による外国への出願
に用いる優先権の主張の基礎
となる出願の国コードと出願
番号

The country code and number
of your priority application,
to be used for filing abroad
under the Paris Convention, is

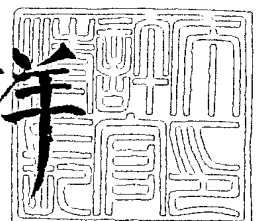
J P 2 0 0 4 - 0 3 2 9 3 3

出 願 人
Applicant(s): 株式会社荏原製作所

2 0 0 5 年 4 月 1 4 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小 川 洋



【書類名】 特許願
【整理番号】 040103
【あて先】 特許庁長官 殿
【国際特許分類】 F23D 11/00
F23D 14/66
F23R 3/00

【発明者】
【住所又は居所】 神奈川県藤沢市本藤沢四丁目二番一号 株式会社荏原総合研究所
内
【氏名】 天 野 俊 輔
【発明者】
【住所又は居所】 群馬県桐生市相生町 2-608-7
【氏名】 新 井 雅 隆
【特許出願人】
【識別番号】 000000239
【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町 11番1号
【氏名又は名称】 株式会社荏原製作所
【代理人】
【識別番号】 100071696
【住所又は居所】 東京都港区西新橋 2丁目13番3号 藤喜ビル 3階 高橋特許事
務所
【氏名又は名称】 高 橋 敏 忠
【選任した代理人】
【識別番号】 100090000
【住所又は居所】 東京都港区西新橋 2丁目13番3号 藤喜ビル 3階 高橋特許事
務所
【氏名又は名称】 高 橋 敏 邦
【手数料の表示】
【予納台帳番号】 000284
【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
【物件名】 特許請求の範囲 1
【物件名】 明細書 1
【物件名】 図面 1
【物件名】 要約書 1
【包括委任状番号】 9504726

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

燃焼用空気を燃焼室内に供給する空気供給手段と、燃焼室内に燃料を供給する燃料供給手段とを有し、燃焼室内に供給された空気が燃料供給手段から離隔した領域で供給された燃料の航跡と最初に交わり、燃料供給手段近傍の領域で供給された燃料の航跡と再び交わる様に構成されていることを特徴とする燃焼装置。

【請求項 2】

前記燃料供給手段は、燃焼室中心軸方向の速度成分と燃焼室中心軸から燃焼室壁面に向う方向の速度成分とを有する燃料の流れを形成する様に構成され、前記空気供給手段は、燃焼室中心軸方向については燃料の流れと対向する向きの速度成分を有し且つ周方向へ旋回する速度成分を有する燃焼用空気の流れを形成する様に構成されている請求項 1 の燃焼装置。

【請求項 3】

前記燃料の流れは燃焼装置の出口方向へ向う速度成分を有しており、前記燃焼用空気の流れは出口方向と逆方向へ向う速度成分を有している請求項 2 の燃焼装置。

【請求項 4】

閉鎖端部と開放端部とを有する筒状容器が燃焼室を構成しており、前記筒状容器の閉鎖端部より中心軸方向に離隔した位置には筒状容器側面を貫通して流入流路が形成されており、該流入流路は、筒状容器の中心軸方向を開放端部から閉鎖端部へ向う速度成分を持ち且つ周方向へ旋回する速度成分を有する空気流を形成する様に構成されており、筒状容器の閉鎖端部の内側には燃料ノズルが設けられ、該燃料ノズルは、前記流入流路に向けて、中心軸方向を閉鎖端部から開放端部に向う速度成分及び半径方向外方へ向う速度成分を有して燃料を噴射する様に構成されていることを特徴とする燃焼装置。

【請求項 5】

閉鎖端部と開放端部とを有する筒状容器が燃焼室を構成しており、前記筒状容器は、閉鎖端部より中心軸方向に離隔した位置で断面積が減少しており、該断面積が減少する部分には筒状容器側面を貫通して流入流路が形成されており、該流入流路は、筒状容器の中心軸方向を開放端部から閉鎖端部へ向う速度成分を持ち且つ周方向へ旋回する速度成分を有する空気流を形成する様に構成されており、筒状容器の閉鎖端部の内側には燃料ノズルが設けられ、該燃料ノズルは、前記流入流路に向けて、中心軸方向を閉鎖端部から開放端部に向う速度成分及び半径方向外方へ向う速度成分を有して燃料を噴射する様に構成されていることを特徴とする燃焼装置。

【請求項 6】

閉鎖端部と開放端部とを有する筒状容器と、該筒状容器の中心軸と略同軸に且つ開放端部側に配置された筒状部材とを有し、筒状部材の断面積は筒状容器の断面積よりも小さく、筒状容器の開放端部と筒状部材の外周面とを接続する環状の接続部材を設け、該接続部材には流入流路が形成され、該流入流路は、筒状容器の中心軸方向を開放端部から閉鎖端部に向う速度成分を持ち且つ筒状容器の周方向へ旋回する空気の流れを形成する様に構成されており、筒状容器の閉鎖端部内側には燃料ノズルが設けられ、該燃料ノズルは、前記流入流路に向けて、中心軸方向を閉鎖端部から開放端部に向う速度成分及び半径方向外方へ向う速度成分を有して燃料を噴射する様に構成されていることを特徴とする燃焼装置。

【請求項 7】

前記筒状容器の側面の閉鎖端部近傍に第 2 の流入流路が設けられ、該第 2 の流入流路は筒状容器の半径方向内側に向って空気が流入する様に構成されている請求項 4～6 の何れか 1 項の燃焼装置。

【請求項 8】

前記筒状容器内部の閉鎖端部及び／又は閉鎖端部近傍の側壁に整流構造を設け、該整流構造は、筒状容器の中心軸方向を開放端部から閉鎖端部に向う速度成分を持ち且つ筒状容器の周方向へ旋回する空気の流れを閉鎖端部近傍の領域で抑制する様に構成されている請求項 4～7 の何れか 1 項の燃焼装置。

【請求項 9】

前記筒状容器内部の閉鎖端部及び／又は閉鎖端部近傍の側壁に整流構造を設け、該整流構造は、筒状容器の中心軸方向を開放端部から閉鎖端部に向う速度成分を持ち且つ筒状容器の周方向へ旋回する空気の流れを、閉鎖端部近傍の領域で半径方向内方に向かう流れに変換する様に構成されている請求項 4 ～ 8 の何れか 1 項の燃焼装置。

【請求項 1 0】

前記筒状容器内部で中心軸方向について前記流入流路よりも閉鎖端部側の領域に、付加燃料ノズルを有する請求項 4 ～ 9 の何れか 1 項の燃焼装置。

【請求項 1 1】

燃焼装置内の燃焼室に燃焼用空気及び燃料を流入して混合し、燃焼室内の空気流の航跡と燃料流の航跡は同一ではなく、空気流の航跡と燃料流の航跡とが 2 回交わり、空気流の航跡が最初に燃料流の航跡と交わるのは燃料航跡の先端近傍の領域で、空気流の航跡が燃料流の航跡と 2 回目に交わるのは、燃料流の航跡の根元から先端近傍までの範囲であることを特徴とする燃焼方法。

【請求項 1 2】

前記燃料流は、燃焼室中心軸方向の速度成分と燃焼室中心軸から燃焼室壁面に向う方向の速度成分とを有し、前記空気流は、燃焼室中心軸方向については燃料の流れと対向する向きの速度成分を有し且つ周方向へ旋回する速度成分を有する請求項 1 1 の燃焼方法。

【書類名】明細書

【発明の名称】燃焼装置及び燃焼方法

【技術分野】

【0001】

本発明は、燃焼室に燃焼用空気及び燃料を流入し、燃焼用空気及び燃料を混合して燃焼する技術に関する。

【背景技術】

【0002】

燃焼装置から排出される大気汚染物質、特に窒素酸化物 (NO_x) に対する規制はますます強化されており、 NO_x の排出を低減する技術が求められている。

NO_x の生成機構は、サーマル NO_x 、プロンプト NO_x 、そしてフューエル NO_x の3つに大別される。サーマル NO_x は高温において空気中の窒素が酸素と反応して生成されるもので、温度に強く依存する。プロンプト NO_x は、特に燃料過剰の火炎帯で生成される。フューエル NO_x は燃料中に含まれる窒素化合物が関与して生成される。

【0003】

最近では窒素化合物を含まないクリーン燃料が使用されることが多く、その場合、フューエル NO_x は殆ど生成しない。

プロンプト NO_x を低減するには、燃料過剰の設計を改め、希薄燃焼とすることにより、その生成を抑えることが出来る。

上述したフューエル NO_x 及びサーマル NO_x の低減に比較して、サーマル NO_x の低減は最も難しく、近年の NO_x 低減技術の鍵である。ここで、サーマル NO_x を低減するには、燃焼温度を低下させることが重要である。

【0004】

燃焼温度を低下させるための技術としては、予混合燃焼、特に希薄予混合燃焼、予蒸発、濃淡燃焼、2段燃焼、燃焼ガス再循環などがある。

ガス燃料の場合、燃料を予め空気と良く混合してから着火、燃焼する予混合燃焼により、燃料濃度分布を均一化し、特に希薄燃焼の予混合燃焼では、燃焼温度を低減することが出来る。

しかし、予混合燃焼は安定燃焼範囲が狭く、逆火や吹飛びが起り易いという問題がある。また、液体燃料に対しては、予め蒸発（予蒸発）しないと予混合出来ないことが欠点である。

液体燃料の場合、燃料が流路断面積が小さいノズルを通過する際に微粒化して噴射するが、通常は着火時に燃料の液滴が残り、液滴が蒸発しながら燃焼するため、理論空気比となる位置が必ず存在し、局所的に高温となってしまう。そのため、サーマル NO_x の低減には限界がある。

それを解決する技術として、予蒸発がある。予蒸発は、燃焼器内部又は外部で予蒸発部を設け、そこで噴霧した燃料を他からの加熱により蒸発させた後に燃焼させる技術である。予蒸発によれば、気体燃料と同等のサーマル NO_x 低減が期待出来る反面、予蒸発部の分だけ、燃焼器のサイズが大きくなってしまいうという欠点を有している。

【0005】

その他の技術として、燃料又は空気を数段に分割して燃焼装置内に供給して空気比を燃焼室内の各領域毎に制御することが行われている。この場合には、理論空気比よりも燃料濃度の濃い部分と燃料濃度の薄い部分が意図的に作られ、理論空気比となる混合状態の領域を避けることでサーマル NO_x の低減が図られている。

しかし、係る技術では、燃料又は空気の供給系が複雑になるため、大型の燃焼炉では多くの実績があるが、小型の燃焼装置では適用できない。また、燃料や空気の供給位置や分割割合の最適値を見出すことや、負荷に対応して制御することは難しいとされている。

【0006】

燃焼ガス再循環 (Burnt Gas Recirculation) は、高温かつ酸素濃度が低い既燃焼ガスを燃焼前の空気と混合することによって、緩慢で均一な燃焼を実

現して、燃焼温度を低下させると共に、不活性ガスを増加して熱容量を増加せしめ、平均火炎温度を低下させ、以って、サーマル NO_x を低減する技術である。主にボイラ、工業炉の燃焼装置及びエンジンに適用事例がある。

燃焼ガス再循環を起こす手法としては、保炎器によるもの、外部再循環、内部再循環が挙げられる。

なお、煙道ガス再循環 (FGR: Flue Gas Recirculation) 及び排ガス再循環 (EGR: Exhaust Gas Recirculation) と呼ばれる燃焼方式もあるが、燃焼ガス再循環と基本的に同一の技術である。

【0007】

燃焼ガス再循環を利用した公知技術の例として、気体燃料に対する技術 (例えば特許文献 1 参照) と、気体燃料の予混合燃焼に対する技術 (例えば特許文献 2 参照) とが存在する。何れも保炎板の下流中央に形成される再循環領域と、燃焼室内に突設した燃焼装置と燃焼室壁との間の空間において燃焼ガスが再循環するものである。

しかし、保炎板の下流中央での燃焼ガス再循環は着火前の燃料と空気が混合している部分には及ばず、その作用は単に着火を安定させることである。

また、燃焼装置と燃焼室壁との間の空間からの燃焼ガス再循環は、実際には燃焼装置近傍のみの循環に止まるので、十分に燃焼して高温、低酸素濃度となった燃焼ガスは再循環せず、且つ循環量が少ないためサーマル NO_x の低減効果は小さい。

さらに、これらの燃焼装置では、燃焼ガス再循環が燃焼装置の外側から中心軸方向へ吸引されるようにするため、燃焼室の寸法を燃焼装置の径よりも十分大きくする必要があり、ガスタービンの燃焼装置など燃焼室の寸法をなるべく小さくする必要がある用途には適していない。また、液体燃料に適用するのは難しい。

【0008】

気体燃料に対する技術 (例えば特許文献 3 参照) は、保炎板による保炎板後方中央からの燃焼ガス再循環とともに、火炎を分割浮き上がり火炎として、火炎側方からも燃焼ガスを再循環させるものである。

係る技術によれば、燃焼ガス再循環の量は大きくすることが出来るが、分割化炎としたためにバーナの構造が複雑になり、バーナ断面積に対して火炎のない部分があるため、バーナの寸法が大きくなってしまう (容積あたりの燃焼負荷が低い)、という問題を有している。

また、液体燃料に適用するのは難しいと考えられる。

【0009】

ボイラ用バーナにおけるガス燃料の予混合燃焼に関する技術 (例えば特許文献 4 参照) では、燃焼室壁に複数の予混合気噴射孔を設け、一つの予混合気は燃焼ガスとなって隣の予混合気噴射孔めがけて噴射されるようになっている。

しかし、予め燃量と空気が混合されているので着火時に燃焼に関与する空気は新鮮空気であり、燃焼開始後に燃焼ガスと始めて混合するため、燃焼を緩慢にする効果が少ないという問題がある。

また、ガス燃料の予混合燃焼に対する技術であり、予混合気は次の噴射孔に到達するまでの時間が短く、液体燃料に適用するのは難しいと考えられる。

【0010】

ボイラ用バーナに関する技術 (例えば特許文献 5 参照) は、主に液体燃料に対して、燃料ノズル周りを流れる燃焼用空気の運動エネルギーにより低圧部を作り、炉内の燃焼ガスを吸引して燃焼用空気に燃焼ガスを混合するものである。

しかし、燃焼用空気の外側で燃焼ガスを混合するので、燃焼用空気の内側には殆ど混合せず、燃料は先ず燃焼用空気と混合した後に、徐々に燃焼ガスと混合する。従って、燃焼現象を支配するのは通常と同じ酸素濃度をもつ燃焼用空気であり、実際には低酸素濃度下での緩慢な着火、燃焼という狙いを十分に実現できない。

また、燃焼ガスを吸引するための構造が複雑である。

さらに、分割火炎を採用しているので、バーナの構造が複雑になり、バーナ断面積に対

して火炎の無い部分があるためバーナの寸法は大きくなってしまふ（容積当りの燃焼負荷が低い）、という問題点が存在する。

【0011】

円筒状の燃焼装置内で旋回流を誘起し、その旋回流の中心部は静圧が低下するため、旋回面の法線方向から別の気体を旋回中心に吸引する技術（例えば特許文献6参照）が開示されており、係る技術は円筒状燃焼装置における二次燃焼領域での燃焼ガス再循環に応用されている。

燃焼用の一次空気と二次空気、それ以外に燃料供給にも夫々旋回流を誘起させる作用を持たせているが、旋回によって導入される燃焼ガスの再循環の効果は二次燃焼領域の燃焼制御に止まっていて、火炎の根元近くの燃料濃度の高い領域を燃焼ガス再循環の対象領域としていない。従って、 NO_x 低減効果も火炎末端部の温度制御だけの限定した効果となっている。

【0012】

次に、図31～図33に基づいて、従来技術の具体的な構成及びその問題点を更に詳しく説明する。

従来の汎用の燃焼装置の1例を図31に示す。

図31に示す燃焼装置は、筒型の燃焼装置であって、筒状容器1と流入ケーシング3及び旋回器2、そして仕切り筒41から成る流入流路と、燃料ノズル4と、燃料ノズル4の下流に燃料ノズルと同軸に配置された保炎板42とから構成される。

燃焼用空気20は図示しない送風機又は圧縮機によって流入ケーシング3に流入し、仕切り筒41と燃料ノズル4の間の空間4sを通った後、保炎板42をよぎって、また旋回器2を通して筒状容器1に流入する。

【0013】

一方、燃料21は図示しない燃料ポンプ又はブロワ、或いは圧縮機によって燃料ノズル4を介して筒状容器1内に噴射される。燃料21と燃焼用空気20とが混合して燃焼し、発生した燃焼ガス22が筒状容器1の開口端1xから流出する。

ここで、保炎板42と旋回器2はどちらも安定した着火をもたらすための構成であり、何れか一方のみが用いられる場合が多い。

【0014】

前記保炎板42は、図示の例では開口端1x側が拡径するような円錐状であり、仕切り筒41と燃料ノズル4の間の空間4sを流過する空気の流れをブロックして、燃料ノズル4先端での燃焼用空気20の流速を低下させるとともに、保炎板41の後方に下流から逆流する流れ領域43を形成する。

また、旋回器2は燃焼用空気20の流れを旋回させることによって、旋回流中心において負圧の領域を形成して下流から逆流する流れ領域44を形成する。

前記下流からの逆流43、44は高温の燃焼ガスを燃料ノズル4の先端の直ぐ下流の着火領域に戻す。

【0015】

しかし、これらの燃焼ガスの逆流は燃料航跡21の内側のみであり、燃料21と空気20が混合している部分には及ばない。従って、その作用は単に着火を安定させることである。

また、旋回器2には燃料21と燃焼用空気20の混合を促進する作用もある。

【0016】

燃焼ガス再循環に注目した従来の燃焼装置の構成、作用及びその問題点について、図32を参照して説明する。

【0017】

当該燃焼装置（図32）は、ボイラや工業炉に適用される技術で、前述の従来の燃焼装置（図31）に対して、容器1の外側に第2の旋回器2aと、外筒45とを加えて構成されている。

当該燃焼装置（図32）の作用を説明すると、燃焼用空気20が流れることによる誘引

作用で、第2の旋回器2aが燃焼室壁46から離れている時、第2の旋回器2aを介して燃焼室内の燃焼ガス22が吸引され、燃焼用空気20と混合して燃焼が起こる。

これが従来技術による燃焼ガスの再循環の代表的な例であるが、燃焼ガス22が燃焼用空気20の旋回流の外側から導入されているので、燃焼用空気20の内側には殆ど混合せず、燃料21は先ず燃焼用空気20と混合した後に徐々に燃焼ガス22と混合する。よって燃焼現象を支配するのは通常と同じ酸素濃度を持つ燃焼用空気20であり、実際には低酸素濃度下での着火、燃焼を実現出来ていない。

【0018】

また、当該装置では、燃焼ガス再循環が外筒45の外側から吸引されるために、燃焼室の寸法を外筒45の径よりも十分大きくする必要があり、ガスタービンの燃焼装置など、燃焼室の寸法を極力小さくする必要がある用途には適していない。

【0019】

従来技術による筒状のガスタービン燃焼装置の構成、作用及び問題点について図33を参照して説明する。

従来技術によるガスタービンの燃焼装置は、目的とする温度が理論空気量、すなわち、燃料の燃焼に丁度必要な酸素量を含む空気量による燃焼での火炎温度よりかなり低いためにトータル空気比が非常に希薄であり、通常の炭化水素系の燃料を用いる場合、1段で燃焼させることは困難である。

そのため、燃焼用空気を数段に分割して、先ずその一部（以下1次空気17という）のみに燃料を混合して燃焼させ、その後に残りの空気を加えることによって所望の出口温度に対して完全燃焼を実現している。

【0020】

容器1fは流入ケーシング3dの内部に完全に包まれて、通常燃料ノズル付近と容器1fの出口とで固定されている。容器1fは内部で燃焼が起こるので外面が燃焼用空気20に冷却されても十分な高温となり、熱膨張によって容器1fの軸方向に伸びるため、容器1fは流入ケーシング3dに熱膨張を吸収できるような構造で固定される必要がある。

また、燃料ノズル4や図示しない点火装置は流入ケーシング3dを貫通して容器1fに取り付けられる必要があるが、熱膨張を吸収しつつ流入ケーシング3dを貫通する構造が必要で、構造が複雑になりコストが掛かる。

【0021】

容器1fの内部で1段目の燃焼用空気が燃料と混合する位置から2段目の空気流入部までを1次燃焼領域16と言う。ガスタービンの燃焼において、燃焼効率が低下して未燃成分が排出されたり、NO_x生成が増加したりしないように1次燃焼領域16の下流で空気を加えるための技術的工夫は、多く公知となっている。

尚、図33において、符号14は容器1fに形成した空気孔を、符号18はその空気孔14から容器1f内に流入する2次及び希釈空気を示す。

【0022】

上述したように、燃焼ガス再循環による低酸素濃度下の燃焼がサーマルNO_xの低減に有効であることが知られている。しかし、燃焼ガス再循環による低酸素濃度下の燃焼に注目した従来技術では、十分な燃焼ガス再循環の量とNO_x低減効果があり、かつ液体燃料でも予蒸発燃焼を実現し、気体燃料と同様に予混合燃焼を実現できる装置は見当たらない。

【特許文献1】特開2002-364812号公報

【特許文献2】特許3139978号

【特許文献3】特開平9-133310号公報

【特許文献4】特開平11-153306号公報

【特許文献5】特許3171147号

【特許文献6】特開2000-179837号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0023】

本発明は上述した従来技術の問題点に鑑みて提案されたものであり、単純な構成で、燃焼ガス再循環の効果を最大限に発揮して、液体燃料の予蒸発、気体燃料／液体燃料の予混合燃焼、及び低酸素濃度における緩慢燃焼を実現して、 NO_x の生成を抑制した燃焼を実現することが出来る燃焼装置及び燃焼方法の提供を目的としている。

また本発明は、耐高温を目指したセラミック化を低コストで実現するのに適しており、特にガスタービン用燃焼装置に適用した場合に構造を単純化することが出来て、コストダウン可能な燃焼装置の提供を目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0024】

本発明の燃焼装置は、燃焼用空気を燃焼室内に供給する空気供給手段と、燃焼室内に燃料を供給する燃料供給手段とを有し、燃焼室内に供給された空気が燃料供給手段から離隔した領域で供給された燃料の航跡と最初に交わり、燃料供給手段近傍の領域で供給された燃料の航跡と再び交わる様に構成されている（請求項1）。

【0025】

本発明において、前記燃料供給手段は、燃焼室中心軸方向の速度成分と燃焼室中心軸から燃焼室壁面に向う方向の速度成分とを有する燃料の流れを形成する様に構成され、前記空気供給手段は、燃焼室中心軸方向については燃料の流れと対向する向きの速度成分を有し且つ周方向へ旋回する速度成分を有する燃焼用空気の流れを形成する様に構成されているのが好ましい（請求項2）。

【0026】

そして、前記燃料の流れは燃焼装置の出口方向へ向う速度成分を有しており、前記燃焼用空気の流れは出口方向と逆方向へ向う速度成分を有しているのが好ましい（請求項3）。

【0027】

上述の本発明において、具体的には、閉鎖端部（1t）と開放端部（1x）とを有する筒状容器（1）が燃焼室を構成しており、前記筒状容器（1）の閉鎖端部（1t）より中心軸（J）方向に離隔した位置には筒状容器側面（1s）を貫通して流入流路（5）が形成されており、該流入流路（5）は、筒状容器（1）の中心軸（J）方向を開放端部（1x）から閉鎖端部（1t）へ向う速度成分を持ち且つ周方向へ旋回する速度成分を有する空気流（22b）を形成する様に構成されており、筒状容器（1）の閉鎖端部（1t）の内側には燃料ノズル（4）が設けられ、該燃料ノズル（4）は、前記流入流路（5）に向けて、中心軸（J）方向を閉鎖端部（1t）から開放端部（1x）に向う速度成分及び半径方向外方へ向う速度成分を有して燃料を噴射する様に構成されている（請求項4）。

【0028】

また本発明の燃焼装置は、閉鎖端部（1at）と開放端部（1x）とを有する筒状容器（1a）が燃焼室を構成しており、前記筒状容器（1a）は、閉鎖端部（1at）より中心軸（J）方向に離隔した位置（1ad）で断面積が減少しており、該断面積が減少する部分（1ad）には筒状容器（1a）側面（1as）を貫通して流入流路（5）が形成されており、該流入流路（5）は、筒状容器（1a）の中心軸（J）方向を開放端部（1x）から閉鎖端部（1at）へ向う速度成分を持ち且つ周方向へ旋回する速度成分を有する空気流（22b）を形成する様に構成されており、筒状容器（1a）の閉鎖端部（1at）の内側には燃料ノズル（4）が設けられ、該燃料ノズル（4）は、前記流入流路（5）に向けて、中心軸（J）方向を閉鎖端部（1at）から開放端部（1x）に向う速度成分（空気の流れと対向する向きの速度成分）及び半径方向外方へ向う速度成分（半径方向外側に広がり角度 α を持つ速度成分）を有して燃料を噴射する様に構成されている（請求項5）。

【0029】

或いは本発明の燃焼装置は、閉鎖端部（1bt）と開放端部（1x）とを有する筒状容器（1b）と、該筒状容器（1b）の中心軸（J）と略同軸に且つ開放端部（1x）側に

配置された筒状部材（2次筒6）とを有し、筒状部材（2次筒6）の断面積は筒状容器（1b）の断面積よりも小さく、筒状容器（1b）の開放端部（1x）と筒状部材（2次筒6）の外周面とを接続する環状の接続部材（7）を設け、該接続部材（7）には流入流路（5）が形成され、該流入流路（5）は、筒状容器（1b）の中心軸（J）方向を開放端部（1x）から閉鎖端部（1bt）に向う速度成分を持ち且つ筒状容器（1b）の周方向へ旋回する空気の流れ（22b）を形成する様に構成されており、筒状容器（1b）の閉鎖端部（1bt）内側には燃料ノズル（4）が設けられ、該燃料ノズル（4）は、前記流入流路（5）に向けて、中心軸（J）方向を閉鎖端部（1bt）から開放端部（1x）に向う（空気の流れと対向する向きの）速度成分及び半径方向外方へ向う速度成分を有して燃料を噴射する様に構成されている（請求項6）。

【0030】

上述した本発明の燃焼装置において、前記筒状容器（1d）の側面（1ds）の閉鎖端部（1dt）近傍に第2の流入流路（19）が設けられ、該第2の流入流路（19）は筒状容器（1d）の半径方向内側に向って空気（20d）が流入する様に構成されているのが好ましい（請求項7）。

【0031】

そして、前記筒状容器（1b、1c）内部の閉鎖端部（1bt、1ct）及び／又は閉鎖端部（1bt、1ct）近傍の側壁（1bi、1ci）に整流構造（11、11a、11b）を設け、該整流構造（11、11a、11b）は、筒状容器（1b、1c）の中心軸（J）方向を開放端部（1x）から閉鎖端部（1bt、1ct）に向う速度成分を持ち且つ筒状容器（1b、1c）の周方向へ旋回する空気の流れを閉鎖端部（1bt、1ct）近傍の領域で抑制する様に構成されているのが好ましい（請求項8）。

【0032】

前記筒状容器（1b、1c）内部の閉鎖端部（1bt、1ct）及び／又は閉鎖端部（1bt、1ct）近傍の側壁（1bi、1ci）に整流構造（11c、11d、11e）を設け、該整流構造（11c、11d、11e）は、筒状容器（1b、1c）の中心軸（J）方向を開放端部（1x）から閉鎖端部（1bt、1ct）に向う速度成分を持ち且つ筒状容器（1b、1c）の周方向へ旋回する空気の流れを、閉鎖端部（1bt、1ct）近傍の領域で半径方向内方に向かう流れに変換する様に構成されているのが好ましい（請求項9）。

【0033】

前記筒状容器（1e）内部で中心軸（J）方向について前記流入流路（5）よりも閉鎖端部（1et）側の領域に、付加燃料ノズル（12）を有するのが好ましい（請求項10）。

【0034】

本発明の燃焼方法は、燃焼装置内の燃焼室に燃焼用空気及び燃料を流入して混合し、燃焼室内の空気流の航跡と燃料流の航跡は同一ではなく、空気流の航跡と燃料流の航跡とが2回交わり、空気流の航跡が最初に燃料流の航跡と交わるのは燃料航跡の先端近傍の領域で、空気流の航跡が燃料流の航跡と2回目に交わるのは、燃料流の航跡の根元から先端近傍までの範囲であることを特徴としている（請求項11）。

【0035】

本発明の燃焼方法において、前記燃料流は、燃焼室中心軸方向の速度成分と燃焼室中心軸から燃焼室壁面に向う方向の速度成分とを有し、前記空気流は、燃焼室中心軸方向については燃料の流れと対向する向きの速度成分を有し且つ周方向へ旋回する速度成分を有する様に構成されているのが好ましい（請求項12）。

【発明の効果】

【0036】

上述した様な構成を具備する本発明によれば、燃焼室内の空気流の航跡と燃料流の航跡とを同一にすること無く、空気流の航跡と燃料流の航跡とが2回交わり、空気流の航跡が最初に燃料流の航跡と交わるのは燃料航跡の先端近傍の領域で、空気流の航跡が燃料流の

航跡と2回目に交わるのは、燃料流の航跡の根元から先端近傍までの範囲である様に構成したので（請求項1、請求項11）、単純な構造で、燃焼ガス再循環を積極的に発生させることが出来る。

そのため、本発明を汎用の燃焼装置に適用した場合には、安定性が高く、且つ燃焼ガス再循環の作用を最大限に発揮することが出来る。

【0037】

そして、高い安定性で燃焼ガス再循環の作用を最大限に発揮することが出来るため、高温且つ低酸素濃度の燃焼ガスで燃焼させることが出来る。そのため、従来の技術では低 NO_x 化が困難であった液体燃料の場合であっても、安定的な蒸発挙動を持った予蒸発燃焼、気体燃料・液体燃料を問わない予混合燃焼、緩慢な燃焼を行い、均一で最高火炎温度の低い燃焼や、燃焼ガス中の不活性ガスの熱容量による平均火炎温度の低い燃焼を実現することが出来る。従って、従来技術では困難であったサーマル NO_x の抑制を、実現することが出来るのである。

【0038】

ここで、燃焼室内の空気流の航跡と燃料流の航跡とを同一にすること無く、空気流の航跡と燃料流の航跡とが2回交わり、空気流の航跡が最初に燃料流の航跡と交わるのは燃料航跡の先端近傍の領域で、空気流の航跡が燃料流の航跡と2回目に交わるのは、燃料流の航跡の根元から先端近傍までの範囲である様にするためには、空気流と燃料流とが対向しており、空気は出口方向から逆向きに流れ且つ燃料は出口方向へ流れ、空気流及び燃料流の軌跡或いは航跡が燃焼室の中心軸について3次元的に軸対称となり、燃料は噴射した側から離隔するに連れて燃焼室の中心軸と直交する方向の外側（筒状容器であれば、半径方向外方）へ広がる様にするると良い。

ここで、空気流は燃焼装置の内壁面に沿って旋回する旋回流となれば、上記の諸条件を充足するのに好都合である。

【0039】

ここで本発明によれば、前記燃料流は、燃焼室中心軸方向の速度成分と燃焼室中心軸から燃焼室壁面に向う方向の速度成分とを有し、前記空気流は、燃焼室中心軸方向については燃料の流れと対向する向きの速度成分を有し且つ周方向へ旋回する速度成分を有する様に構成されており（請求項2、請求項12）、燃料の流れは燃焼装置の出口方向へ向う速度成分を有しており、燃焼用空気の流れは出口方向と逆方向へ向う速度成分を有している（請求項3）ので、上述した流れを実現することが出来る。

【0040】

そして本発明では、空気供給手段（流入流路5）から燃焼室内に供給された空気の流れの一部が低温の燃焼ガス（22a）或いは燃焼ガスとはならない空気流（20e）として、燃焼室内壁面に沿って流れる。その結果、燃焼装置の内壁は、低温の燃焼ガス（22a）或いは燃焼ガスとはならない空気流（20e）によって、燃焼装置内部の熱から保護される。その結果、燃焼熱に対する耐久性の高い燃焼装置の提供が実現する。

【0041】

上述した様に、本発明によれば、燃焼ガス再循環を積極的に発生させることが出来る単純な構造が提供されるので、セラミックス等の耐熱材料の使用が容易で、分解及び部品交換が容易で、しかも、整備性に優れた燃焼装置が実現する。

また、補助燃料ノズル（付加燃料ノズル12：請求項10）を設けた場合は、気体燃料／液体燃料の混焼や、低発熱量の燃料や廃液の燃焼においても、サーマル NO_x の生成を抑制できる。

【0042】

上述したような構成を具備する本発明を、1次燃焼領域としてガスタービン燃焼装置に適用した場合には、単純な構造で燃焼ガス再循環を積極的に発生させることが出来る。そして、ガスタービン燃焼装置の1次燃焼領域において、安定性が高く、且つ燃焼ガス再循環の作用を最大限に発揮することが出来る。

そして、高い安定性を有することに起因して、本発明を適用したガスタービン燃焼装置

においては、1次燃焼領域をより希薄に設計できるので、平均燃焼温度を低く抑えて、サーマル NO_x の生成をさらに抑制できるという作用効果を奏する。

【0043】

また、本発明の燃焼装置を適用したガスタービン燃焼装置では、高い安定性で燃焼ガス再循環の作用を最大限に発揮することが出来るため、例えば従来の技術では低 NO_x 化が困難であった液体燃料の場合であっても、サーマル NO_x の生成を抑制できる。

上述した通り、本発明の燃焼装置では、内壁が好適に低温の空気流によって冷却されるため、耐久性の高いガスタービン燃焼装置を提供出来る。

さらに、本発明の燃焼装置では構造が簡単であることに起因して、セラミックス等の耐熱材料の使用が容易で、且つ分解、交換が容易になされるため、整備製に優れたガスタービン燃焼装置の提供が実現する。

【0044】

これに加えて、本発明の燃焼装置を適用したガスタービンでは、1次燃焼領域の外側に空気が流れず、ライナを露出させた構造とすることが出来るため、燃料ノズルや点火装置等を単純な構造で配置でき、コストダウンが可能である。

また、ケーシングに対するライナの熱膨張を低減出来るため構造が単純になり、更なるコストダウンが可能である。

そして、補助燃料ノズル（付加燃料ノズル12：請求項10）を設けた本発明の燃焼装置を適用したガスタービンによれば、気体燃料／液体燃料の混焼や低発熱量の燃料や廃液の燃焼においてもサーマル NO_x の生成を抑制できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0045】

以下、添付図面を参照して、本発明の実施形態を説明する。

尚、各実施形態において同一部分には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。

【0046】

先ず、図1及び図2を参照して、第一実施形態を説明する。

図1に示す第1実施形態の燃焼装置は、主にボイラや工業炉に、又ガスタービンにも適用出来る汎用の燃焼装置であり、一端（閉鎖端部）1tが閉じられた筒状容器（以降、「筒状容器」を単に「容器」と略記する）1と、その容器1の側面1sに形成され、燃焼用空気20を容器1内に流入させる、図示の例では共通ピッチの複数の空気流入部5と流入ケーシング3及び旋回器2から成る流入流路と、前記容器1の上端（閉鎖端部）1tを貫通するように設けた燃料ノズル4から構成されている。

前記旋回器2は、詳細には後述するが、前記空気流入部5を含む容器1の側面1sの周囲を包囲するように形成されている。

【0047】

図2をも参照して、燃焼用空気20は、図示しない送風機又は圧縮機によって流入ケーシング3に流入し、旋回器2を通過して、前記空気流入部5から容器1内に流入する。

燃料は図示しない燃料ポンプまたはブロワ、或いは圧縮機によって燃料ノズル4を介して容器1内に中心軸Jに対して角度 α の広がりを持って噴射（図中、符号23で示す航跡）される。

燃料23と燃焼用空気20が混合して燃焼し、燃焼ガス22が容器1の開口端1xから排出される。

【0048】

第1実施形態に係る燃焼装置の特徴は、図2に示すように、燃焼用空気20が容器1の閉鎖端部1tから容器1の軸J方向に所定距離だけ離れた位置において、容器1の閉鎖端部1tから開放端部1xに向う向き（出口方向）に対して逆向きの速度成分を持って容器1内に流入して旋回流22bを形成する（すなわち、筒状容器1の中心軸J方向を開放端部1xから閉鎖端部1tへ向う速度成分を持ち且つ周方向へ旋回する速度成分を有する流れを形成する）とともに、燃料が容器1の閉鎖端部1tから出口1x方向に向けて、容器1の中心軸Jに対して径方向に広がり角度 α を持って、且つ、燃焼用空気の流入口5をめが

けて噴射される（流入流路5に向けて、中心軸J方向を閉鎖端部1 t から開放端部1 x に向う速度成分及び半径方向外方へ向う速度成分を有して燃料を噴射する：符号23で示す航跡）ことである。

【0049】

図示はしないが、空気流入部5の容器1の側面1 s に対する開口割合や形状及びピッチは任意に設定出来る。また、図示しないが燃焼用空気20の容器1への流入部5において、流入する燃焼用空気20の流れを、出口1 x と逆向きの速度成分を持つ限りにおいて偏向する構造を設けてもよい。

容器1の中心軸に対して広がり角度を持った燃料の噴射23は、最も典型的には渦巻型ノズルによって実現出来る。

尚、図2において、符号22 b は、空気流入部5から流入した燃焼用空気20と、燃料が混合、燃焼して発生した燃焼ガスで構成され、且つ、出口1 x と逆方向に大きな速度成分を有する旋回流を示す。

【0050】

次に、図3及び図4を参照して第2実施形態を説明する。

図3及び図4の第2実施形態の燃焼装置では、図1及び図2の第1実施形態における容器1に対して、容器の断面が燃焼用空気流入部において絞られた容器1 a に置き換えた実施形態である。

すなわち環状容器1 a は図4に示す上下方向の略中央において断面が不連続に変化する段付部1 a d が形成され、その段付部1 a d に燃焼用空気20を容器1 a 内に流入させる空気流入部5が形成されている。

尚、図3及び図4において、符号1 a t は容器1 a の閉鎖端部を示す。

【0051】

そのように形成された第2実施形態の燃焼装置では、ケーシング3を流過してきた燃焼用空気20が旋回器2に流入し、空気流入部5を経由して、図4の下方から上方に向って容器1 a 内に流入する。尚、容器1 a 内に流入した空気20は、詳しく後述する旋回器の構成によって、出口1 x とは逆方向に、より大きな速度成分を持った旋回流22 b を形成する。すなわち、筒状容器1 a の中心軸J方向を開放端部1 x から閉鎖端部1 a t へ向う速度成分を持ち且つ周方向へ旋回する速度成分を有する流れ22 b を形成する。そして、燃料は、空気流入部（流入流路）5に向けて、中心軸J方向を閉鎖端部1 a t から開放端部1 x に向う速度成分及び半径方向外方へ向う速度成分を有して噴射される。

【0052】

ここで、旋回器2及びケーシング3については後述の図5および図6の第3実施形態と概略同様であり、旋回器2及びケーシング3に関する詳細説明は第3実施形態の説明の際に行う。

【0053】

図3、4において、容器1 a の断面変化部である段付部1 a d は容器1 a の軸J方向に直交して描かれているが、角度は任意である。また、図示しないが、空気流入部5の開口割合や形状及びピッチに関しても任意に設定出来る。また、旋回器2は軸流形状に描かれているが、旋回器外周からも燃焼用空気20が流入する斜流としても良い。

さらに、図示はしないが、空気流入部5において流入する燃焼用空気20の流れを径方向に偏向させる構造を設けてもよい。

【0054】

次に、図5、図6を参照して第3実施形態を説明する。

図5、図6の第3実施形態の燃焼装置では、図1及び図2の第1実施形態における容器1に対して、容器が製作上の要請に応じて断面変化部分（段付部）1 b d で、容器1 b と、2次筒6と、接続部材7とに分割された構成に置き換えられた実施形態である。

【0055】

図5及び図6において、接続部材7は容器1 b 及び2次筒6の軸方向に直交して描かれているが、角度は任意である。

図示しないが、容器 1 b の側面 1 b s と 2 次筒 6 の外周側面 6 s との間に形成される環状隙間に設けた空気流入部 5 の開口割合や形状及びピッチに関しても任意に設定出来る。また、旋回器 2 は軸流形状に描かれているが、旋回器 2 外周からも燃焼用空気 20 が流入する斜流としても良い。

さらに、図示はしないが、空気流入部 5 において流入する燃焼用空気 20 の流れを径方向に偏向させる構造を設けてもよい。

尚、図 5、図 6 において符号 6 x は 2 次筒 6 の出口（排気口）を示す。

【0056】

第 1 実施形態～第 3 実施形態において、容器 1、1 a、1 b の断面形状は円形であるが、任意の形状に変更が可能である。容器の中に全体として旋回流を作る限りにおいては多角形であってもよい。また、容器 1 の断面形状は燃焼用空気流入位置以外で、軸方向に変化してもよい。

以上の容器に関する等価な構造は、以降の全ての実施形態についても同様に適用出来る。

【0057】

ここで、流入流路を構成する前記旋回器 2 の構成は様々に変形出来る。

図 5、図 6 の第 3 実施形態を例にとり、旋回器 2 について、図 7～図 9 を参照して、以下にその構成を詳述する。

【0058】

旋回器 2 は一般的には図 7 に示すように、内筒 30 と外筒 29 の間に流れを偏向する旋回羽根 10 を配置して空気導入路 9 を形成して構成する。

また、旋回器 2 の他の方法として、図 8 に示すように、環状部材 31 に流れを偏向する複数の空気導入路 9 を開口してもよい。その際の空気導入路 9 の形状、開口面積、個数は任意である。

或いは、旋回器 2 と同様の作用を実現するさらに別の構成として、図 9 に示すように、前記接続部材 7 の空気流入部 5 毎に分割された空気導入路 9 を、前記接続部材 7 に取り付けて構成してもよい。

また、図 7 及び図 8 の構成の旋回器 2 では、旋回器 2 が接続部材を兼ねてもよい。即ち、図 7 の例において、内筒 30 と外筒 29 とを廃止して、2 次筒 6（図 5、図 6 参照）と容器 1 b（図 5、図 6 参照）とを旋回羽根 10 で接続することにより、旋回羽根 10 が接続部材 7 を兼ねることが出来る。図 8 の例においては、環状部材 31 が接続部材 7 を兼ねることが出来る。

以上の旋回器 2 に関する等価な構造は、第 1 及び第 2 実施形態及び以降説明する燃焼装置に係る全ての実施形態についても同様に適用出来る。

【0059】

ケーシングに関しては、第 1～第 3 実施形態の流入ケーシング 3 の形状は任意に変形出来る。

例えば図示はしないが、第 1～第 3 実施形態のスクロール形状の流入ケーシング 3 を、容器 1、1 a や、2 次筒 6 の出口 6 x の周囲から流入する形状としてもよい。

また、図示はしないが、図 9 に示す様な分割された空気導入路 9 で旋回器 2 の作用を果たす場合、空導入路 9 に例えば延長管を接続して、その延長管を合流させた流入管を設けて流入ケーシング 3 に代えてもよい。

以上の流入ケーシング 3 に関する等価な構造は、以降の全ての実施形態についても同様に適用出来る。

【0060】

ここで、燃料ノズル 4 の構成は様々に変形出来る。図 5、図 6 の第 3 実施形態で示した単一のノズルとしては、最も典型的には渦巻き型ノズルチップによって、また、図示はしないが、容器 1 b の中心軸に対して径方向外側に広がり角度を持って多数の噴孔を開けたノズルチップによっても実現出来る。

複雑な構造とはなるが、微粒化特性のよいノズルチップを使用してもよい。

【0061】

燃料ノズルの別の構成方法としては、図10及び図11に示すように、単一の燃料ノズルに代えて、複数のノズル4aを容器1bの閉鎖端部1btの略同心円上に配置しても実現できる。

この場合も、燃料が容器1bの閉鎖端部1btから出口1x方向に向けて、容器1bの中心軸Jに対して径方向外方に角度を持って噴流状、又は扇状に、且つ、燃焼用空気の流入部5をめぐって噴射される限りにおいて、単一のノズルと同様の作用が実現出来る。ノズル4aを複数とすることで、特に大型の燃焼装置で単一のノズルが適用し難い場合に有効である。

【0062】

更に別の燃料ノズルの構成方法としては、図12、13に示すように、中空材で形成され、多数の孔を開けた環4bによっても実現出来る。

以上の燃料ノズル(4、4a、4b)に関する同様な構造は第1実施形態～第3実施形態、及び以降の全ての実施形態においても適用可能である。

【0063】

発明者等は、第3実施形態に係る燃焼装置について、液体燃料で燃焼試験を行い、容器の中心寄りに一つと、外周寄りに環状の一つと、計二つの火炎が形成されること、容器の中心よりの火炎が均一なやや青い火炎で、外周寄りの環状の火炎が非常に薄く均一な青い火炎となること、その現象から、予蒸発、予混合燃焼となっていること、そして結果として、 NO_x の生成が抑制されることを見出した。

【0064】

図示の実施形態の作用について、図5、図6の第3実施形態を例に挙げ、図14及び図15に基づいて、以下に更に詳しく説明する。

【0065】

図14及び図15に示すように、燃料21は燃料ノズル4から容器1bの中心軸Jに対して径方向外側に広がり角度 α を持って噴射(符号23の航跡)される。容器1bの軸方向に対して広がり角度 α を持って噴射された(すなわち、流入流路5に向けて、中心軸J方向を閉鎖端部1btから開放端部1xに向う速度成分及び半径方向外方へ向う速度成分を有して噴射された)燃料のいくつかの燃料航跡23a、23b(図14参照)を考える。

【0066】

図14を参照して、周方向のある位置から容器1bに流入した燃焼用空気20bは、容器1b内を出口1xとは逆方向に旋回しながら遡り(すなわち、筒状容器1bの中心軸J方向を開放端部1xから閉鎖端部1btに向う速度成分を持ち且つ筒状容器1bの周方向へ旋回する流れ22bを形成し)、一つの航跡23aと位置25で交わる。

液体燃料の場合を考えたとき、位置25において燃料航跡23aを経由してきた燃料は幾分蒸発して粒子の径が小さくなっており、且つ空気流の中を進んできたためにノズル4の出口近傍と比べて速度が遅く、且つ燃料21と燃焼用空気20bの速度が対向する向きになっているため、燃料21は燃焼用空気20bの流れに乗り、着火して火炎を形成して燃焼する。

燃焼用空気20bは容器1bを出口と逆方向に旋回しながら更に遡上しつつ、高温低酸素濃度の燃焼ガス22bとなる。

【0067】

そして容器1bの閉鎖端部1btに近づくに連れて容器1bの中心軸J寄りに向きを変え、容器1bの中心軸J寄りにおいて出口1x方向に向きを変え、位置26において燃料航跡23bを横切る。即ち、燃焼ガス再循環が起こる。

図15(a)において、燃焼ガス22a(参照)が横切る燃料航跡23は燃料航跡23aと同じであつてもよい。

【0068】

位置26において、高温、低酸素濃度の燃焼ガス22bは燃料を着火させずに予蒸発さ

せる。蒸発した燃料は燃焼ガス 22b に伴流し、燃焼ガス 22b が高温ではあるが、低酸素濃度であるので燃焼速度を抑制するため、蒸発した燃料はすぐには着火せず予混合される。そして、所定時間経過の後、着火して燃焼し、燃焼ガス 22b は更に高温、低酸素濃度の燃焼ガス 22 となって出口 1x から排出される。

【0069】

従来技術とは異なり、図示の実施形態（図 14、図 15 では第 3 実施形態を例示）では、大部分の燃料が燃焼用空気 20 と最初に接触することなく、最初に燃焼ガス 22b と接触することで、実際に低酸素濃度下で着火、燃焼が実現できることが重要である。

尚、図 14、図 15 で示す実施形態においては、仮に燃料航跡 23 の根元近くでの燃料の蒸発が少ない場合には、より多くの燃料が燃料航跡 23 の先端で燃焼用空気 20b と混合して燃焼ガス 22b の温度が高くなることにより、燃料航跡 23 の根元での蒸発が促進される。即ち、蒸発量に対してフィードバック作用を持っている。よって、燃料噴射の条件が変化しても安定して本実施形態の作用が実現するような性質を持っている。

【0070】

気体燃料の場合も、噴流状に燃料が空気の流れを突き抜け、周辺部が部分的に空気と混合しながら燃料噴流がその運動量を失う前に位置 25 まで届くように噴射することによって、液体燃料の場合と同様に燃料用空気 20b が容器 1b を出口 1x と逆方向に旋回しながら遡上しつつ燃料航跡 23a と交わって燃料 21 と混合し、高温、低酸素濃度の燃焼ガス 22b となる。

【0071】

そして、容器 1b の閉鎖端部 1bt に近づくにつれて、容器 1b の中心軸 J 寄りに向きを変え、中心軸 J 寄りにおいて反転して、位置 26 において燃料航跡 23b を横切り、燃焼ガス再循環が起こる。

燃焼ガス 22b は高温ではあるが低酸素濃度なので燃焼速度を抑制するため、直ぐに着火せず予混合となり、所定時間経過の後、着火して燃焼する。

【0072】

図 14、図 15 を参照して説明された図示の実施形態における基本的な作用として、空気及び燃料が燃焼装置内で、次の様に流れる。すなわち、空気及び燃料は当該燃焼装置内で流れの向きを変えられて、燃焼装置内における燃焼用の空気と燃料のそれぞれの航跡が同一ではなく、空気の航跡と燃料の航跡とが 2 回交わり、且つ、空気にとって最初の交わりが燃料航跡の先端近傍で、2 回目の交わりが燃料航跡の根元から先端近傍までの領域で起こる。このように燃料と空気とを混合することにより、燃焼ガス再循環を積極的に制御して起こすことが出来る。

【0073】

図示の実施形態の当該燃焼装置内の流れを、容器 1b の中心軸を通る断面で表現すると、図 15 (a) (b) で示すようになっている。図 15 (b) において、容器 1b に流入する燃焼用空気 20 を位置に応じて模式的に 20a、20b、20c、20d に分けて図示してある。

【0074】

環状容器 1b に流入する燃焼用空気 20 の大半 20b、20c、20d は、図 15 (a) で示す様に、夫々燃料航跡 23 と衝突して燃焼ガス 22b、22c、22d となり、容器 1b 内を深く遡上して再度燃料航跡 23 を横切る。燃焼用空気の流入位置が容器 1b の外周 1s から離れるほど燃焼用空気はより浅い位置までしか遡上せず反転する。容器 1b に流入する燃焼用空気 20 のうち、容器 1b の内面 1i に一番近い位置から流入した燃料用空気 20a は燃料 21 と衝突しないまま容器 1b 内を最も深く遡上する。

そして、遡上につれて燃焼ガス 22b と混合して燃焼ガス 22a となる。よって、燃料航跡 23 に沿って満遍なく燃焼ガス 22a、22b、22c、22d が横切ることとなり、燃焼ガス再循環の作用が最大限に発揮される。

【0075】

つまり、図示の実施形態の最も本質的な作用の一つは、燃料の航跡 23 に沿って満遍な

く燃焼ガスが横切ることである。

これらの作用により、図示の実施形態に係る燃焼装置においては、図15(a)に示すように、容器中心J寄りの主火炎28と、容器外周寄りの、しかし容器1bの内壁からは離れた環状火炎27の二つが形成される。

環状火炎27は、燃焼用空気20が旋回しているため、容器1b内での滞留時間が長く、且つ周方向によく混合されて均一になるとともに、燃焼用空気20と燃料21が対向する形になっていること、そして、主火炎28から燃料21(23)と出会う前の燃焼用空気20に高温の燃焼ガスが乱流拡散によって供給されることによる燃焼用空気20の温度上昇と酸素濃度の低下が、燃料の着火を抑制しつつ蒸発を促進するため、火炎の安定度が高まる。

【0076】

また、主火炎28は環状火炎27の燃焼ガス22a、22b、22c、22dが燃料航跡23を横切ることにより、環状火炎27が確実な着火源となって安定性が高くなるとともに、高温且つ低酸素濃度の燃焼ガスで燃焼するために、予蒸発燃焼、予混合燃焼、且つ緩慢な燃焼となって、通常の拡散燃焼のように局所的に高温な箇所が存在する燃焼ではなく、均一で最高火炎温度の低い、且つ燃焼ガス中の不活性ガスの熱容量により平均火炎温度が低い燃焼となるため、サーマルNO_xの生成が抑制される。

【0077】

図示の実施形態における冷却上の利点を説明すると、図15(a)(b)において、容器1bに流入する燃焼用空気20のうち、容器1bの内面1iに最も近い位置から流入した燃料用空気20aは、燃料21と衝突しないまま容器1b内を最も深く溯上して、遡上するにつれて燃焼ガス22bと混合して燃焼ガス22aとなる。燃焼ガス22aは比較的低温であるので容器1bの内面を過熱から保護する。

【0078】

一方、容器1bの内面1iから最も離れた位置で容器1bに流入した燃焼用空気20eは、燃焼量21(23)の到達点よりも出口1x側で反転して出口1x方向に流れるため、燃焼ガスとはならないで2次筒6の中心J寄りから次第に主火炎28の燃焼ガスと混合する。

しかし、この反転した燃焼用空気20eのうち、最も2次筒6の内面6iに近い部分は比較的低温であり、主火炎28の高温から2次筒6の壁面6iを保護する。

【0079】

図14、図15は、第3実施形態を例示しているが、上述した作用は、第1、第2実施形態、及び以降説明する実施形態でも同様である。

また、構造上の利点としては、燃焼室が容器1bと下流の構造(2次筒6)に分割されているため、容器1bを容易に取り出すことが出来、従来例と比較して燃焼装置の分解、交換、整備がしやすく、整備製が向上する。

【0080】

次に、前述の第3実施形態と等価、すなわち互換性のある第4実施形態について、図16を参照して説明する。

【0081】

図16において、第4実施形態の燃焼装置は、容器の閉鎖端部1ctが、前述した第1～第3実施形態とは異なって、断面曲線Lrが、一様でない曲率の自由円弧からなる曲面で、所謂「ドーム型」に構成されている。

尚、ドーム型容器1cの下端1cbの内周側には、リング状の接続部材7を介して2次筒6が接続されている。

【0082】

図16の第4実施形態の燃焼装置の場合も、前記第3実施形態で説明したと同様の作用が実現出来る。容器1cの閉鎖端部1ctが曲面で構成されていることにより、特に燃焼温度が高温になる用途において、容器1cをセラミックス等の耐熱材料で構成する場合、製作がより容易になり、コストダウンが期待出来る。

また、燃焼室が容器 1 c と下流の構造（2 次筒 6）に分割されているため、容器 1 c を容易に取り外すことが出来、従来例と比較して燃焼装置の分解、交換、整備がし易く、整備性が向上する。

図 1 6 の第 4 実施形態の一部曲面で構成された容器 1 c を第 1 及び第 2 実施形態に適用してもよい。

【0083】

次に、図 1 7 を参照して第 5 実施形態を説明する。図 1 7 の第 5 実施形態は、図 5、図 6 の第 3 実施形態の応用型、即ち、第 3 実施形態に対して、容器の閉鎖端部近傍において補助空気孔を形成した実施形態である。

【0084】

図 1 7 において、第 5 実施形態の燃焼装置は、容器 1 d が閉鎖端部 1 d t 近傍の周囲 1 d s に複数の補助空気孔 1 9 を形成した実施形態である。

そのように閉鎖端部 1 d t 近傍の周囲 1 d s に形成された複数の補助空気孔 1 9 から流入した燃焼用空気 2 0 d は向心方向にジェット状に容器 1 d 内に流入するので、周囲の燃焼ガス 2 2 b を誘引して、容器 1 d の閉鎖端部 1 d t 近くで全体として容器 1 d の中心方向へ向う方向に流れを促進する。

これによって旋回して流れてきた燃焼ガス 2 2 b を環状容器 1 d の閉鎖端部 1 d t 近くにおいて環状容器 1 d の中心寄りに導き、燃料航跡 2 3 に向って再循環させることが出来る。

第 5 実施形態の補助空気孔 1 9 を第 1 及び第 2 実施形態に適用してもよい。

【0085】

次に、図 1 8 を参照して、第 6 実施形態を説明する。

図 1 8 の第 6 実施形態は、図 5、図 6 の第 3 実施形態に対して、容器 1 b の閉鎖端部 1 b t 内側に整流構造であるガイドベーン 1 1 を複数設けた実施形態である。

係るガイドベーン 1 1 を設けることにより、第 5 実施形態（図 1 7 参照）における補助空気孔 1 9 と同様の作用を得ることが出来る。

【0086】

環状容器 1 b の閉鎖端部 1 b t 内側に整流構造であるガイドベーン 1 1 を複数設けた以外は図 5、図 6 の第 3 実施形態と実質的に同様である。

また、等該ガイドベーン 1 1 は、前述の第 1 実施形態、第 2 実施形態及び第 5 実施形態に対しても適用出来る。

【0087】

次に、図 1 9 を参照して、第 7 実施形態を説明する。

図 1 9 の第 7 実施形態は、図 1 7 の第 5 実施形態における補助空気孔 1 9 と同様の作用を図 5、図 6 の第 3 の実施形態の容器 1 b の閉鎖端部 1 b t 寄りの側面内壁 1 b i に整流構造であるガイドベーン 1 1 a を複数設けて実現する実施形態である。

【0088】

容器 1 b の閉鎖端部 1 b t 寄りの側面内壁 1 b i に整流構造であるガイドベーン 1 1 a を複数設けたこと以外は、第 3 実施形態と実質的に同様である。また、等該ガイドベーン 1 1 a は、前述の第 1、第 2 及び第 5 実施形態に対しても適用出来る。

また、第 6 及び第 7 実施形態に示した整流構造を併設することも出来る。

【0089】

次に、図 2 0 を参照して、第 8 実施形態を説明する。図 2 0 の第 8 実施形態は、第 6 及び第 7 実施形態と同様にガイドベーン 1 1 b を図 1 6 の第 4 実施形態に適用したものである。

即ち、ガイドベーン 1 1 b はドーム状の容器 1 c の曲面から成る閉鎖端部 1 c t の曲面の内側に沿って略閉鎖端部 1 c t の頂部まで形成されている。

【0090】

前述の第 6～第 8 実施形態に示したガイドベーン 1 1、1 1 a、1 1 b は容器 1 b、1 c の閉鎖端部 1 b t、1 c t 近傍において、筒状容器 1 b の中心軸 J 方向を開放端部 1 x

から閉鎖端部 1 b t に向う速度成分を持ち且つ筒状容器 1 b の周方向へ旋回する空気の流れを抑制し、及び／又は、当該空気の流れを半径方向に整える作用を奏する。そして、図 17 の第 5 実施形態と同様に旋回して流れてきた燃焼ガス 2 2 b (図 17 参照) を環状容器 1 b、1 c の閉鎖端部 1 b t、1 c t の中心寄りに導き、円滑に燃料航跡 2 3 に向って再循環することが出来る。

【0091】

前述の第 6～第 8 実施形態を更に発展させた第 9～第 11 実施形態について、夫々図 21～図 23 を参照して説明する。

【0092】

先ず、図 21 の第 9 実施形態は、図 18 の第 6 実施形態における整流構造であるガイドベーン 11 を最適化した実施形態である。即ち、第 9 実施形態のガイドベーン 11 c では、図 18 の第 6 実施形態のガイドベーン 11 の形状を、燃焼用空気が容器 1 b の中心にスパイラル状に巻き込んで (旋回して) 中心部に流れ易いように円弧状に湾曲させている。

等該ガイドベーン 11 c は、第 1、第 2 及び第 5 実施形態にも適用可能である。

【0093】

図 22 の第 10 実施形態は、図 19 の第 7 実施形態における整流構造であるガイドベーン 11 a を最適化した実施形態である。即ち、第 10 実施形態のガイドベーン 11 d では、図 19 の第 7 実施形態のガイドベーン 11 a の形状を、容器 1 b の内壁 1 b i に沿って傾斜させて配置しており、そのガイドベーン 11 d の上方先端は図示の例では垂直方向に立ち上がるように変形している。

等該ガイドベーン 11 d は、第 1、第 2 及び第 5 実施形態にも適用可能である。また、第 9 実施形態に示したガイドベーン 11 c とともに用いても良い。

【0094】

図 23 の第 11 実施形態は、図 20 の第 8 実施形態における整流構造であるガイドベーン 11 b を最適化した実施形態である。即ち、第 11 実施形態のガイドベーン 11 e では、図 20 の第 8 実施形態のガイドベーン 11 b の形状を、ドーム状容器 1 c の湾曲したドーム内壁 1 c i に沿って傾斜させて配置しており、そのガイドベーン 11 e の上方先端は図示の例では垂直方向に立ち上がるように変形している。

【0095】

上述の第 9～第 11 実施形態において、整流構造 (ガイドベーン) 11 c、11 d、11 e は旋回している燃焼ガス 2 2 a (図示せず) の流れを積極的、且つよりスムーズに向心方向の流れに偏向する作用をし、これによって旋回して流過して来た燃焼ガス 2 2 b をよりスムーズに容器 1 b、1 c の閉鎖端部 1 b t、1 c t 近くにおいて容器 1 b、1 c の中心寄りに導き、燃料航跡 2 3 に向って再循環させることが出来る。

尚、旋回流れを向心方向の流れに偏向する作用を持つ限りに於いて、整流構造の詳細な形状が変化しても実質的に同一である。また、整流構造は容器 1 b、1 c に板状又は台状などの物体を付加して構成してもよいし、容器 1 b、1 c の内面に溝状の形状を構成してもよい。

【0096】

次に、図 24 を参照して、第 3 実施形態の応用例である第 12 実施形態を説明する。

当該燃焼装置は、容器 1 e の内面 1 e i で、燃焼用空気 20 の流入部 5 のやや閉鎖端部 1 e t 寄りに補助的に燃料を噴射する補助燃料ノズル 12 を設けた実施形態である。

【0097】

補助燃料ノズル 12 から噴射される燃料は主燃料ノズル 4 から噴射する燃料と同一であっても、異なる燃料であってもよい。燃焼装置が大型であったり、気体燃料で噴射圧力が限られていて、燃料を燃焼用空気 20 の流入部 5 (図示せず) まで到達させるのが難しい場合でも、補助燃料ノズル 12 から同一燃料を噴射すると、図 5、図 6 の第 3 の実施形態と同様に燃焼ガス再循環により、サーマル NO_x の再生を抑えた燃焼を実現出来る。

【0098】

また、燃料ノズル 4 から液体燃料を、補助燃料ノズル 12 から気体燃料を噴射すること

によって、液／ガス混焼を単純な構成で実現出来る。

また、補助燃料ノズル 12 によってターンダウン性能をより向上させることが出来る。

【0099】

更に、低発熱量で安定燃焼が難しい燃料を使用する場合、特に発熱量を有しているものの、その熱量が少ない廃液を燃焼処理するような場合には、燃料ノズル 4 から低発熱量燃料又は廃液を噴射し、補助燃料ノズル 12 から燃焼性のよい燃料を噴射することによって、第 3 の実施形態と同様に、燃焼ガス再循環により、予蒸発、予混合した燃料となり、サーマル NO_x の生成を抑制した燃焼を実現出来る。

【0100】

尚、図 24 において補助燃料ノズル 12 は容器 1e の側面 1ei に沿って複数のノズルを設けたものであるが、別の構成としては、(図示はしないが) 多数の噴射孔を開けた単一の環を容器 1e の内側側面に配置してもよい。

【0101】

第 12 実施形態の補助燃料ノズル 12 は、第 1、第 2 及び第 4～第 11 実施形態にも適用可能である。

【0102】

本発明をガスタービンの燃焼装置に適用する場合、上述してきたような実施形態(第 1 実施形態～第 12 実施形態)を 1 次燃焼領域と見做して、出口の下流に更に空気流入部を設ければよい。一方、ガスタービンの燃焼装置において、燃焼効率が低下して未燃焼成分が排出されたり、 NO_x 生成が増加したりしないように 1 次燃焼領域の下流で空気を加えるための技術的工夫は、多く公知になっている。従って、本発明をガスタービンに適用する場合、これまで説明してきた実施形態に公知の技術を適用することで実現できるため、本発明の本質を保ったまま多くの応用的実施形態が可能となる。その全てを記すことは出来ないが 1 部の例について以下に説明する。

【0103】

図 25 及び図 26 を参照して、第 13 実施形態に係るガスタービンの燃焼装置を説明する。

図 25 及び図 26 の第 13 実施形態は、前述の図 5、図 6 の第 3 実施形態の燃焼装置をガスタービン燃焼装置に適用した実施形態である。

【0104】

図 25 及び図 26 において、当該ガスタービン燃焼装置は、前記第 3 実施形態と比較すると、2 次筒 6b が上方で接続部材 7 に接続される小径部 61b とその小径部 61b に段部(断面拡張部) 6bd を介して接続する大径部 62b を有するように 2 段の異なる断面の筒によって構成されている。

図示の例では前記小径部 61b に 1 段、大径部 62b に 2 段の、各段には複数で各段において同一ピッチの空気孔 14 が開口されている。

2 次筒 6b は下流で断面が拡張されているが、これは任意に設定出来る。また、2 次筒 6b は出口 1x まで一体で構成されているが、製作上の要請に応じて分割されてもよい。

2 次筒 6b の周囲に複数段にわたって形成された空気孔 14 から 2 次及び希釈空気 18 が流入する。

【0105】

図 3、4 の第 2 実施形態と同様に、1 次燃焼領域 16 では、燃料航跡 23 に沿って満遍なく燃焼ガス再循環が起こることにより、高温且つ低酸素濃度の燃焼ガスで燃焼するために、液体燃料の場合には予蒸発燃焼、さらに気体燃料／液体燃料を問わぬ予混合燃焼、且つ緩慢な燃焼となって、(通常の拡散燃焼のように局所的に理論混合比となって局所的に高温な箇所が存在する燃焼ではなく) 均一で最高火炎温度の低い、且つ燃焼ガス中の不活性ガスの熱容量により平均火炎温度が低い燃焼となるため、サーマル NO_x の生成が抑制される。

2 次筒 6b の最も上流側の 2 次空気孔 14 までの壁面は、第 3 実施形態と同様に、1 次空気 17 の一部で冷却される。

【0106】

尚、図示はしないが、2次筒6bの2次空気孔14から出口までの壁面には任意に冷却空気孔を開けてもよい。さらに、1次燃焼領域16の安定性が高いために、全空気流量に対する1次空気17の流量比率を多くして、より希薄な1次燃焼として燃焼温度を低くすることができるため、さらにサーマルNO_xの生成を抑制することが出来る。

【0107】

さらなる構造の利点として、従来技術とは異なり、1次燃焼領域16の最も出口1x寄りの位置で1次空気17が流入するので2次筒6bは1次燃焼領域16の最も出口寄りの位置と、2次筒6bの出口の2箇所で流入ケーシング3bに対して固定される。

従って、1次燃焼領域16の外側を流入ケーシング3bで包んで2重構造にする必要がなく、1次燃焼領域において容器1bが露出している。そのため、燃料ノズル4や図示しない点火装置を流入ケーシング3bを介さず直接容器1bに取り付けることが出来、構造が単純になるためコストダウンが可能となる。

当然ではあるが、露出した容器1bは断熱材で断熱処理することが望ましい。

【0108】

また、2次筒6bは流入ケーシング3bに固定された部分の長さが短く、且つ温度が比較的低い2次／希釈領域であるので2次筒6bの熱膨張量が減少して、より単純な構造で容器1bと流入ケーシング3bを固定できるため、コストダウンが可能である。

また、容器1bの熱膨張に関しては、容器1bの閉鎖端部1btが拘束されていないのでまったく問題とはならない。

さらに、燃焼室が容器1bと下流の構造(2次筒6)に分割されているため、容器1bを容易に取り外すことが出来、従来と比較して、燃焼装置の分解、交換、整備がし易く、整備性が向上する。

【0109】

第3の実施形態に代えて、第1、第2、及び第6～第12実施形態をガスタービン燃焼装置に適用した場合についても、第14実施形態の作用、効果が同様に実現出来る。また、その際、第1、第2、及び第6～第12実施形態夫々の作用、効果はそのまま発揮される。

【0110】

次に、図27を参照して第14実施形態に係るガスタービン燃焼装置に関して説明する。

図27の第14実施形態は、前述の第4実施形態の燃焼装置をガスタービン燃焼装置に適用した実施形態である。

図27において、当該ガスタービン燃焼装置は、前記第4実施形態と比較すると、2次筒が出口1x側に延長され、適切な位置に空気孔14が開けられた2次筒6bに置き換えられている。なお、2次筒6bは下流で断面が拡張されているが、これは任意に設定出来る。また、2次筒6bは出口1xまで一体で構成されているが、製作上の要請に応じて分割されてもよい。流入ケーシング3が2次筒6bと対応して延長された流入ケーシング3bに置き換えられており、空気孔14から2次及び希釈空気18が流入する。

【0111】

図5、図6の第3実施形態と同様に1次燃焼領域16では、燃料航跡23に沿って満遍なく燃焼ガス再循環が起こることにより、高温且つ低酸素濃度の燃焼ガスで燃焼するために、液体燃料の場合には予蒸発燃焼、さらに気体燃焼／液体燃料を問わない予混合燃焼、且つ緩慢な燃焼となつて、(通常の拡散燃焼のように局所的に理論混合比となつて局所的に高温な箇所が存在する燃焼ではなく)均一で最高火炎温度の低い、且つ燃焼ガス中の不活性ガスの熱容量により平均火炎温度が低い燃焼となるため、サーマルNO_xの生成が抑制される。

2次筒6bの最も上流側の2次空気孔14hまでの壁面6biは図5、図6の第3の実施形態と同様に1次空気17の一部で冷却される。

尚、図示しないが、2次筒6bの2次空気孔14から出口1xまでの壁面には任意に冷

却空気孔を設けてもよい。

【0112】

さらに1次燃焼領域16の安定性が高いため、全空気流量に対する1次空気17の流量比率を高めて、より希薄な1次燃焼として燃焼温度を低くすることが出来るため、さらにサーマル NO_x の生成を抑制出来る。

また、燃焼室が容器1cの閉鎖端部1ctが曲面でドーム状に構成されていることにより、特に温度が高温になる用途において環状容器1cをセラミック等の耐熱材料で形成する場合、製作がより容易になり、コストダウンが可能となる。

【0113】

さらなる構造の利点として、従来技術とは異なり、1次燃焼領域16の最も出口1x寄りの位置で1次空気17が流入するので2次筒6bは1次燃焼領域16の最も出口寄りの位置と、2次筒6bの出口の2箇所では流入ケーシング3bに対して固定される。

従って、1次燃焼領域16の外側を流入ケーシング3bで包んで2重構造にする必要がなく、1次燃焼領域において容器1cが露出している。そのため、燃料ノズル4や図示しない点火装置を流入ケーシング3bを介さず直接容器1cに取り付けることが出来、構造が単純になるためコストダウンが可能となる。

当然ではあるが、露出した容器1cは断熱材で断熱処理することが望ましい。

【0114】

また、2次筒6bは流入ケーシング3bに固定された部分の長さが短く、且つ温度が比較的低い2次／希釈領域であるので2次筒6bの熱膨張量が減少して、より単純な構造で容器1bと流入ケーシング3bを固定できるため、コストダウンが可能である。

また、容器1cの熱膨張に関しては、容器1cの閉鎖端部1ctが拘束されていないのでまったく問題とはならない。

さらに、燃焼室が容器1cと下流の構造(2次筒6b)に分割されているため、容器1cを容易に取り外すことが出来、従来と比較して、燃焼装置の分解、交換、整備がし易く、整備性が向上する。

【0115】

次に、図28を参照して、第15実施形態に係るガスタービン燃焼装置に関して説明する。

図28の第15実施形態は、前述の図17の第5実施形態の燃焼装置をガスタービン燃焼装置に適用した実施形態である。

図28において、当該ガスタービン燃焼装置は、前記第5実施形態と比較すると、2次筒が出口1x側に延長され、適切な位置に空気孔14が開口された2次筒6bに置き換えられている。

流入ケーシングが2次筒6bと対応して延長された流入ケーシング3cに置き換えられており、空気孔14から2次及び希釈空気18が流入する。

【0116】

図5、図6の第3実施形態と同様に1次燃焼領域16では、燃料航跡23に沿って満遍なく燃焼ガス再循環が起こることにより、高温且つ低酸素濃度の燃焼ガスで燃焼するために、液体燃料の場合には予蒸発燃焼、さらに気体燃焼／液体燃料を問わない予混合燃焼、且つ緩慢な燃焼となつて、(通常の拡散燃焼のように局所的に理論混合比となつて局所的に高温な箇所が存在する燃焼ではなく)均一で最高火炎温度の低い、且つ燃焼ガス中の不活性ガスの熱容量により平均火炎温度が低い燃焼となるため、サーマル NO_x の生成が抑制される。2次筒6bの最も上流側の2次空気孔14までの壁面6biは第3の実施形態と同様に1次空気17の一部で冷却される。

尚、図示しないが、2次筒6bの2次空気孔14から出口1xまでの壁面には任意に冷却空気孔を設けてもよい。

【0117】

さらに1次燃焼領域16の安定性が高いため、全空気流量に対する1次空気17の流量比率を高めて、より希薄な1次燃焼として燃焼温度を低くすることが出来るため、さらに

サーマルNO_xの生成を抑制出来る。

【0118】

さらなる構造の利点として、従来技術とは異なり、1次燃焼領域16の最も出口1x寄りの位置、及び容器1dの閉鎖端部1dtで空気が流入するので、2次筒6bは流入ケーシング3cに対して容器1dの閉鎖端部1dtと、2次筒6bの出口の2箇所固定される。よって、容器1dの閉鎖端部1dtの外側を流入ケーシング3cで包んで2重構造とする必要がなく、容器1dの閉鎖端部1dtが露出している。そのため、燃料ノズル4や図示しない点火装置を流入ケーシング3cを介さず直接容器1dの閉鎖端部1dtに取り付けることが出来、構造が単純になるためコストダウンが可能となる。

当然ではあるが、露出した容器1dの閉鎖端部1dtは、断熱材で断熱処理することが望ましい。

【0119】

次に、図29を参照して、第16実施形態に係るガスタービン燃焼装置に関して説明する。

図29の第16実施形態は、前述の図26の第13実施形態の応用例である。

【0120】

当該ガスタービン燃焼装置は、2次旋回器15で2次空気18を旋回流とすることによって2次領域での混合を促進することが出来る。本実施形態の2次旋回器15を、前述の第14、第15実施形態に適用してもよい。このように1次燃焼領域の下流で空気を加えるに当たって、燃焼効率が低下して未燃成分が排出したり、NO_x生成が増加したりしないための公知の技術的工夫を用いることによって本発明の本質を保ったまま、様々な形の応用実施形態を得ることが出来る。

【0121】

上述してきた実施形態は、短筒型（缶型）燃焼器に関するものであったが、多くの種類があるアニュラ型（環状）燃焼装置の中には、従来その1次燃焼領域に、旋回により火炎を安定化した図31に示す様な従来技術の燃焼装置を、1次燃焼領域として複数設置するタイプがある。

本発明の実施形態に係る燃焼装置も本質的な効果を保ったままアニュラ型（環状）燃焼装置の1次燃焼領域として適用出来る。

図30を参照して、そのようなアニュラ型燃焼装置である第17実施形態を説明する。

【0122】

当該燃焼装置（図30）は、前述の図5、図6の第3実施形態の燃焼装置Cを複数機（図示の例では8機）単一の2次環状容器33に接続し、流入ケーシングを環状流入ケーシング32として、アニュラ型（環状）燃焼装置とし構成したものである。

詳細には、複数の燃焼装置Cの2次筒6の端部が2次環状容器33の閉鎖端部33tに連通するように接続されている。

【0123】

図5、図6の第3実施形態に代えて、第1、第2、第4及び第5～第12実施形態を本実施形態（第17実施形態）に適用した場合においても、第1、第2、第4及び第6～第12実施形態の夫々の作用、効果はそのまま発揮される。

また、図示はしないが、図29の第16実施形態の2次旋回器を図30の第17実施形態に適用してもよい。

さらに、図示はしないが、複数機の第3実施形態の燃焼装置を2次環状容器32の周方向だけでなく半径方向に複数列に配置してもよい。これは特に大型の環状燃焼装置に適す。

【0124】

以上説明したように、本発明に係る実施形態を汎用の燃焼装置に適用した場合、単純な構造で、燃焼ガス再循環を積極的に制御して起こすことにより、安定性が高く、且つ燃焼ガス再循環の作用を最大限に発揮することが出来る。

高い安定性で燃焼ガス再循環の作用を最大限に発揮することが出来るため、高温且つ低

酸素濃度の燃焼ガスで燃焼させて、液体燃料の場合の安定的な蒸発挙動を持った予蒸発燃焼、気体燃料・液体燃料を問わない予混合燃焼、緩慢な燃焼となって均一で最高火炎温度の低い燃焼、燃焼ガス中の不活性ガスの熱容量による平均火炎温度の低い燃焼、を実現し、従来技術では困難であったサーマルNO_xの生成を抑制できる燃焼装置の提供が実現する。

【0125】

燃焼装置の内壁が好適に低温の空気流によって冷却されるため、耐久性の高い燃焼装置の提供が実現する。

【0126】

セラミックス等の耐熱材料の使用が容易な燃焼装置の提供が実現する。また、分解、交換が容易になされるため、整備製に優れた燃焼装置の提供が実現する。

【0127】

補助燃料ノズルを設けた場合は、気体燃料／液体燃料の混焼や低発熱量の燃料や廃液の燃焼においてもサーマルNO_xの生成を抑制できる燃焼装置の提供が実現する。

【0128】

上述の実施形態を1次燃焼領域としてガスタービン燃焼装置に適用した場合、単純な構造で、燃焼ガス再循環を積極的に制御して起こすことにより、1次燃焼領域において、安定性が高く、且つ燃焼ガス再循環の作用を最大限に発揮することが出来る。

高い安定性で燃焼ガス再循環の作用を最大限に発揮することが出来るため、高温且つ低酸素濃度の燃焼ガスで燃焼させて、従来の技術では低NO_x化が困難であった液体燃料の場合の安定的な蒸発挙動を持った予蒸発燃焼、気体燃料・液体燃料を問わない予混合燃焼、緩慢な燃焼となって均一で最高火炎温度の低い燃焼、燃焼ガス中の不活性ガスの熱容量による平均火炎温度の低い燃焼、を実現し、且つ、より1次燃焼領域を希薄に設計できることにより更に燃焼温度を低く抑えて、サーマルNO_xの生成を抑制できるガスタービン燃焼装置の提供が実現出来る。

【0129】

燃焼装置の内壁が好適に低温の空気流によって冷却されるため、耐久性の高いガスタービン燃焼装置の提供が実現する。

【0130】

セラミックス等の耐熱材料の使用が容易なガスタービン燃焼装置の提供が実現する。また、分解、交換が容易になされるため、整備製に優れたガスタービン燃焼装置の提供が実現する。

【0131】

1次燃焼領域の外側に空気が流れず、ライナを露出させた構造とすることが出来るため、燃料ノズルや点火装置等を単純な構造で配置でき、コストダウンの可能なガスタービン燃焼装置の提供が実現する。

【0132】

ケーシングに対するライナの熱膨張を低減出来るため、構造が単純になり、コストダウンが可能なガスタービン燃焼装置の提供が実現する。

【0133】

補助燃料ノズルを設けた場合は、気体燃料／液体燃料の混焼や低発熱量の燃料や廃液の燃焼においてもサーマルNO_xの生成を抑制できるガスタービン燃焼装置の提供が実現する。

【0134】

尚、以上説明してきた実施形態は、発明の本質を保つ範囲で任意に変形できるものであり、発明の技術的外延はあくまで請求項の記述によって判断されなければならない。

すなわち、図示の実施形態はあくまでも例示であり、本発明の技術的範囲を限定する趣旨の記述ではないことを付記する。

【図面の簡単な説明】

【0135】

- 【図 1】 本発明の第 1 実施形態の構成を示す斜視図。
【図 2】 本発明の第 1 実施形態の構成及び作動原理を説明する断面図。
【図 3】 本発明の第 2 実施形態の構成を示す斜視図。
【図 4】 本発明の第 2 実施形態の構成及び作動原理を説明する断面図。
【図 5】 本発明の第 3 実施形態の構成を示す斜視図。
【図 6】 本発明の第 3 実施形態の構成及び作動原理を説明する断面図。
【図 7】 本発明の実施形態に係る旋回器の一構成例をしめす斜視図。
【図 8】 本発明の実施形態に係る旋回器の第 2 の構成例をしめす斜視図。
【図 9】 本発明の実施形態に係る旋回器の第 3 の構成例をしめす斜視図。
【図 10】 本発明の実施形態に係る燃料ノズルの第 2 の構成例の斜視図。
【図 11】 本発明の実施形態に係る燃料ノズルの第 2 の構成例の断面図。
【図 12】 本発明の実施形態に係る燃料ノズルの第 3 の構成例の斜視図。
【図 13】 本発明の実施形態に係る燃料ノズルの第 3 の構成例の断面図。
【図 14】 本発明の実施形態に係る作用を示す斜視透視図。
【図 15】 本発明の実施形態に係る作用を示す断面図。
【図 16】 本発明の第 4 実施形態の構成及び作用を示す断面図。
【図 17】 本発明の第 5 実施形態の構成及び作用を示す断面図。
【図 18】 本発明の第 6 実施形態の構成を示す斜視透視図。
【図 19】 本発明の第 7 実施形態の構成を示す斜視透視図。
【図 20】 本発明の第 8 実施形態の構成を示す斜視透視図。
【図 21】 本発明の第 9 実施形態の構成を示す斜視透視図。
【図 22】 本発明の第 10 実施形態の構成を示す斜視透視図。
【図 23】 本発明の第 11 実施形態の構成を示す斜視透視図。
【図 24】 本発明の第 12 実施形態の構成及び作用を示す断面図。
【図 25】 本発明の第 13 実施形態の構成を示す斜視透視図。
【図 26】 本発明の第 13 実施形態の構成及び作用を示す断面図。
【図 27】 本発明の第 14 実施形態の構成及び作用を示す断面図。
【図 28】 本発明の第 15 実施形態の構成及び作用を示す断面図。
【図 29】 本発明の第 16 実施形態の構成及び作用を示す断面図。
【図 30】 本発明の第 17 実施形態の構成及び作用を示す斜視透視図。
【図 31】 従来の燃焼装置の断面図。
【図 32】 別の従来の燃焼装置の断面図。
【図 33】 従来のガスタービン用環状燃焼装置の断面図。

【符号の説明】

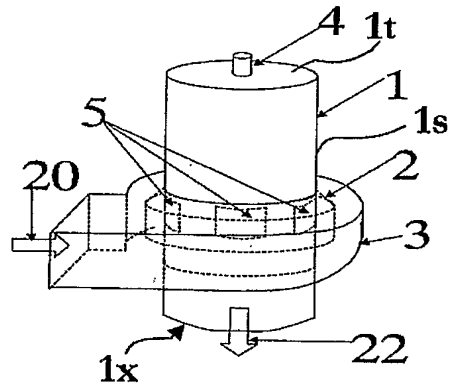
【0136】

- 1、1 a、1 b、1 c、1 d、1 e、1 f・・・容器
2、2 a・・・旋回器
3、3 a、3 b、3 c、3 d、3 e・・・流入ケーシング
4、4 a、4 b・・・燃料ノズル
5・・・空気流入部
6・・・2次筒
7・・・接続部材
8・・・3次筒
9・・・空気導入路
10・・・旋回羽根
11、11 a、11 b、11 c、11 d、11 e、・・・整流板
12・・・補助燃料ノズル
14・・・空気孔
15・・・2次旋回器
16・・・1次燃焼領域

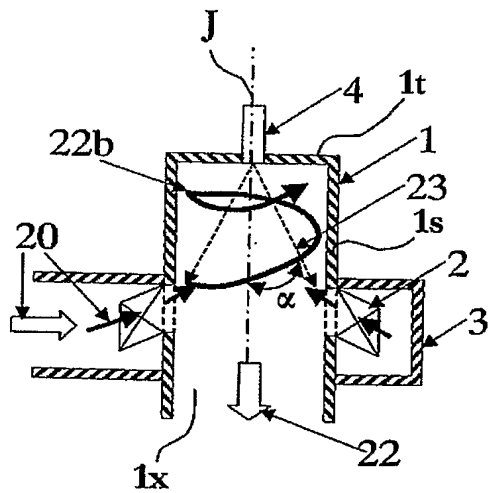
- 17 . . . 1次空気
- 18 . . . 2次及び希釈空気
- 19 . . . 補助空気孔
- 20、20 a、20 b、20 c、20 d、20 e . . . 燃焼用空気
- 21 . . . 燃料
- 22、22 a、22 b、22 c、22 d . . . 燃焼ガス
- 23、23 a、23 b . . . 燃料の航跡
- 25 . . . 燃焼用空気と燃料との最初の衝突点
- 26 . . . 燃焼用空気と燃料との2回目の衝突点（燃焼ガスと燃料との衝突点）
- 27 . . . 環状火炎
- 28 . . . 主火炎
- 29 . . . 旋回器外筒
- 30 . . . 旋回器内筒
- 31 . . . 環状部材
- 32 . . . 環状流入ケーシング
- 33 . . . 2次環状容器
- 41 . . . 内筒（仕切り筒）
- 42 . . . 保炎板
- 43 . . . 保炎板による逆流
- 44 . . . 旋回流れによる中心逆流
- 45 . . . 外筒
- 46 . . . 燃焼室壁

【書類名】 図面

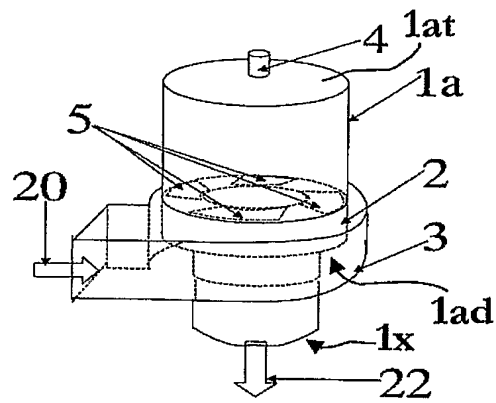
【図 1】



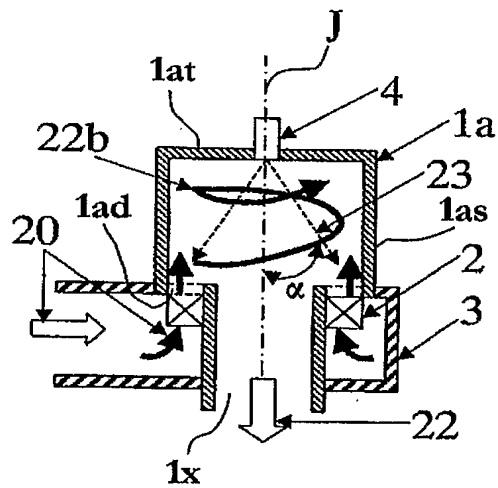
【図 2】



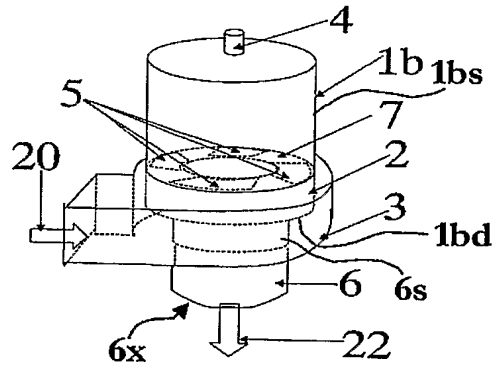
【図 3】



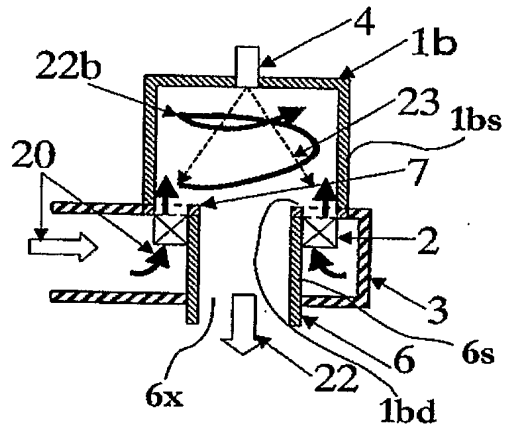
【図 4】



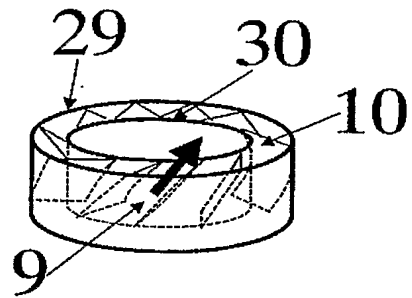
【図 5】



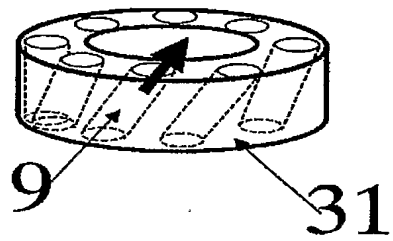
【図 6】



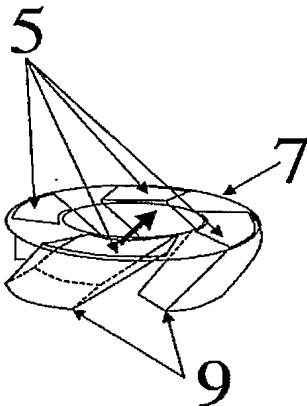
【図 7】



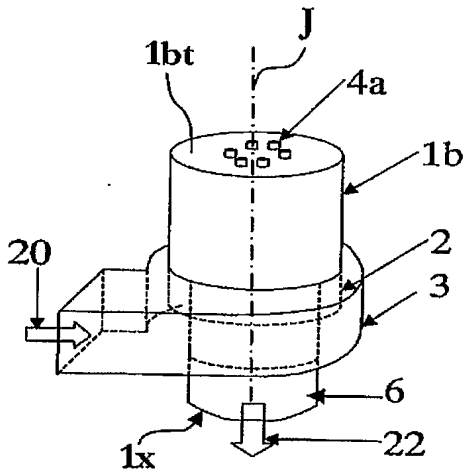
【図 8】



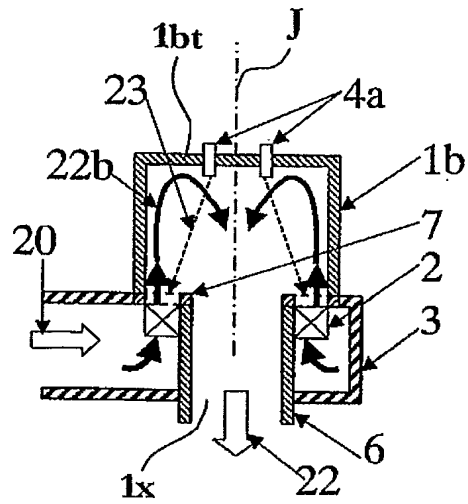
【図 9】



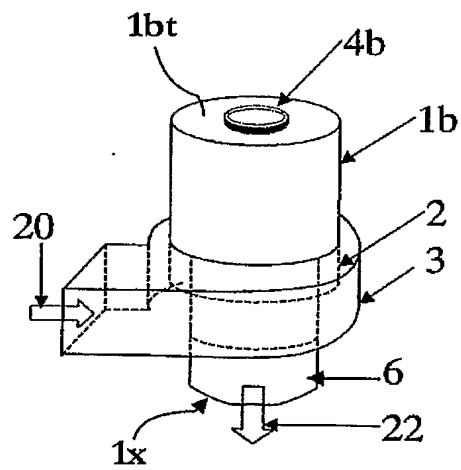
【図 10】



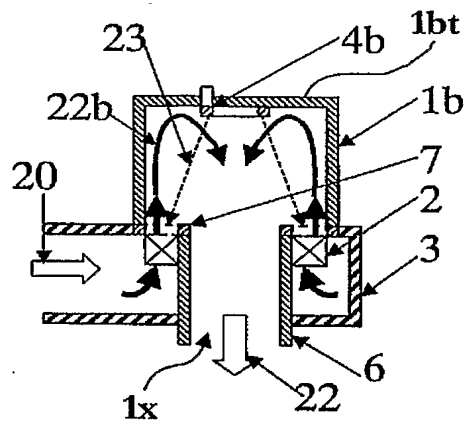
【図 11】



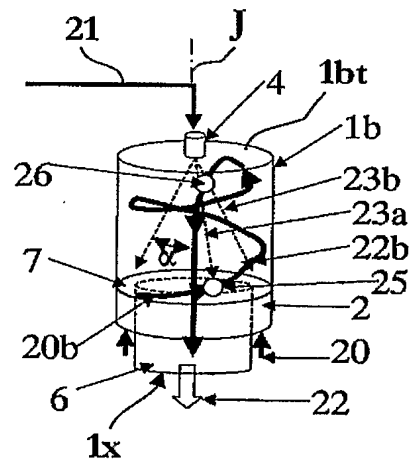
【図 12】



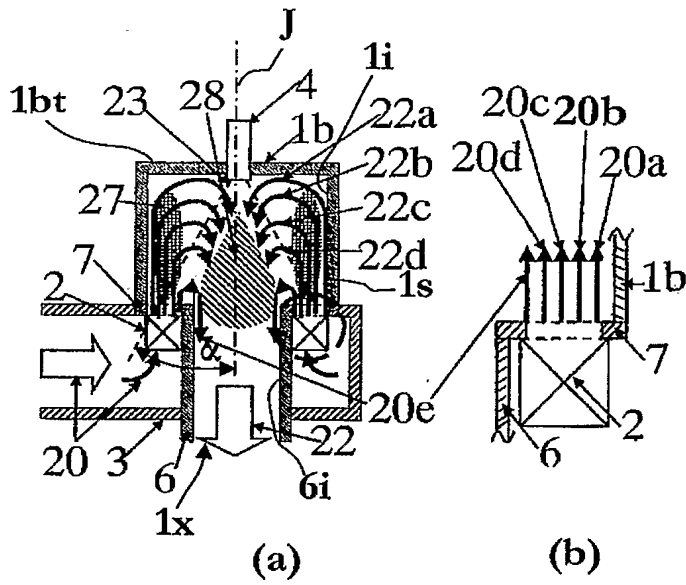
【図 13】



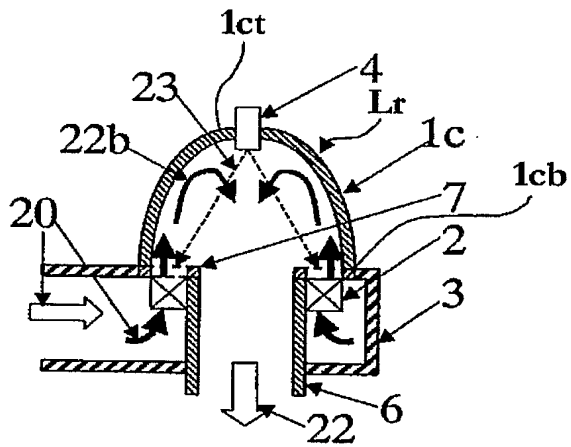
【図 14】



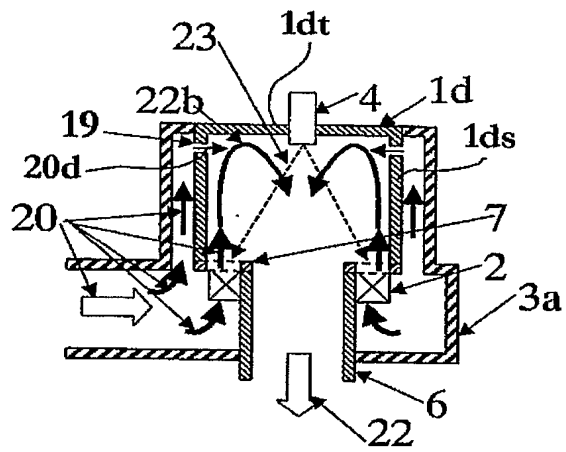
【図 15】



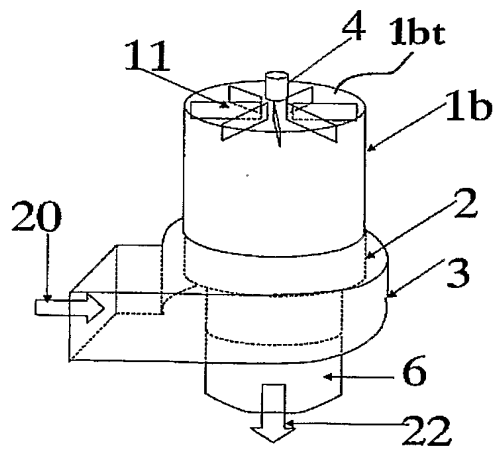
【図 16】



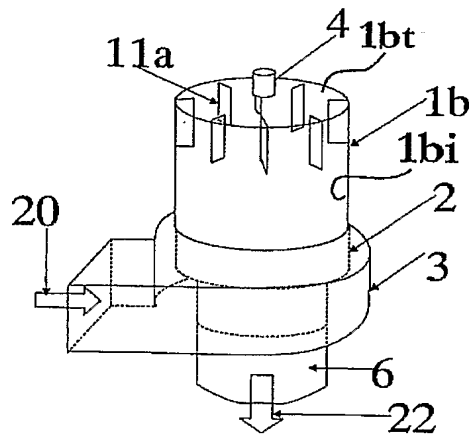
【図 17】



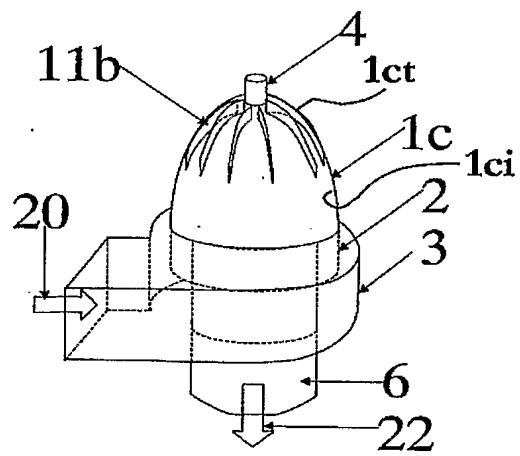
【図 18】



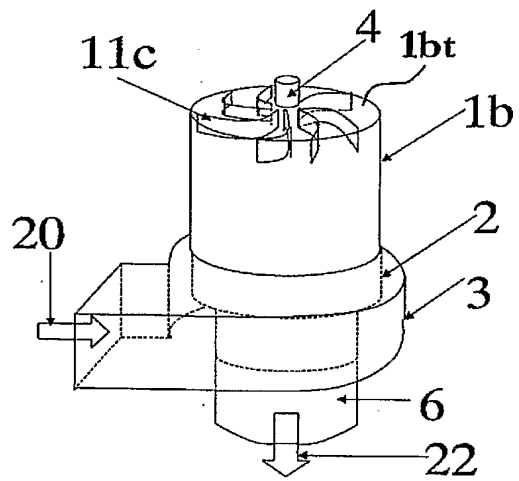
【図 19】



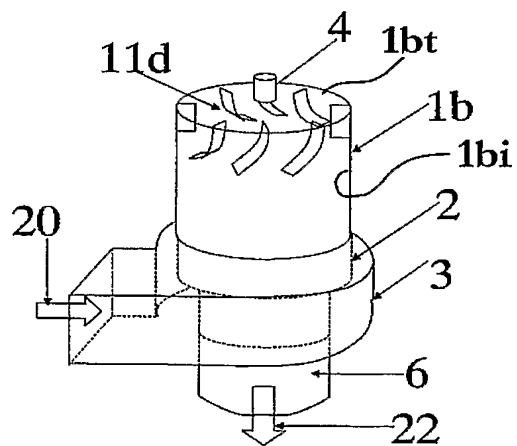
【図 20】



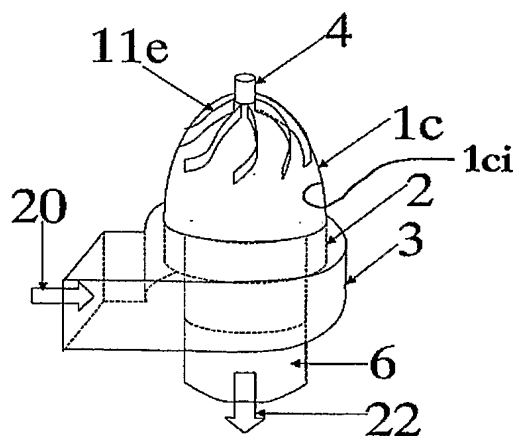
【図 21】



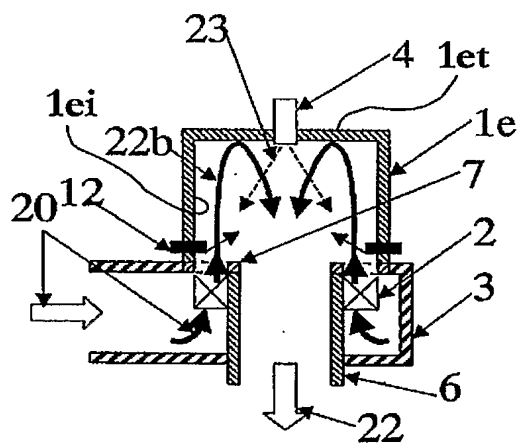
【図 22】



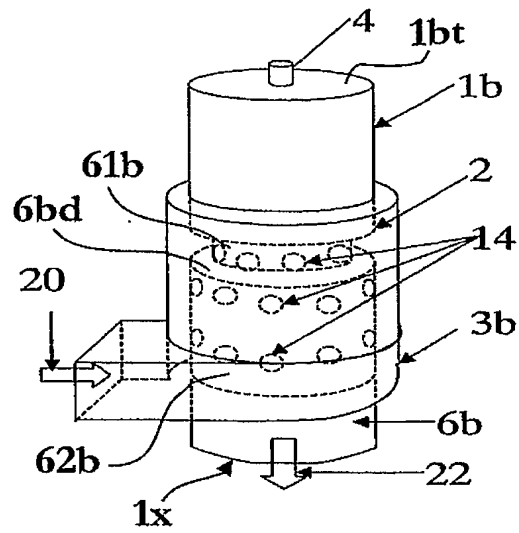
【図 23】



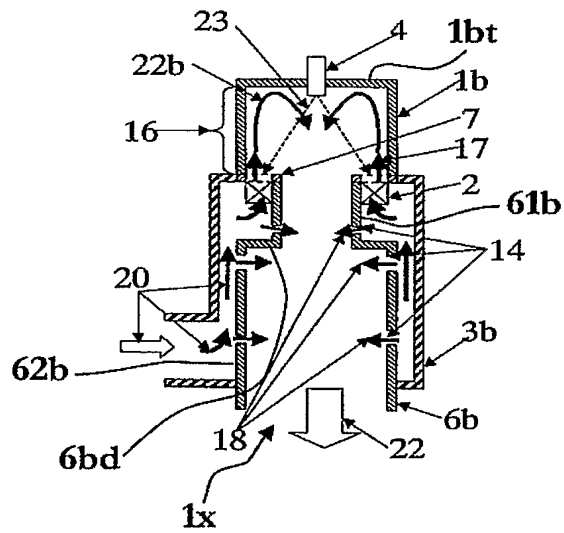
【図 24】



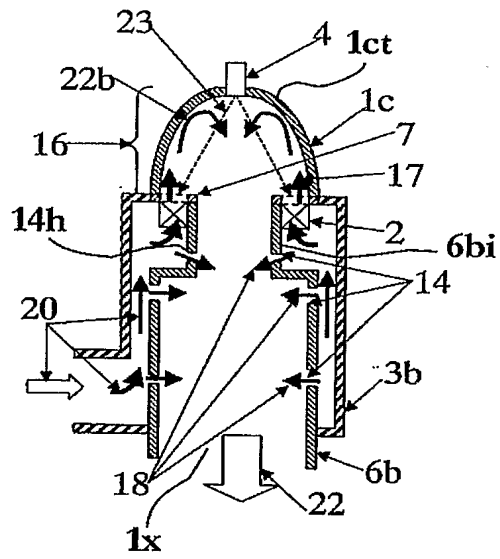
【図 25】



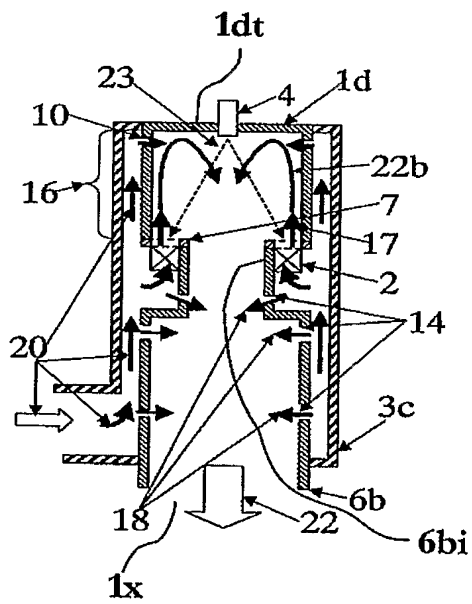
【図 26】



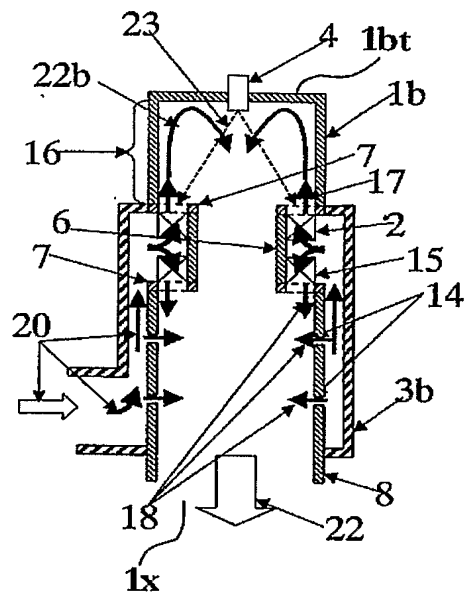
【図 27】



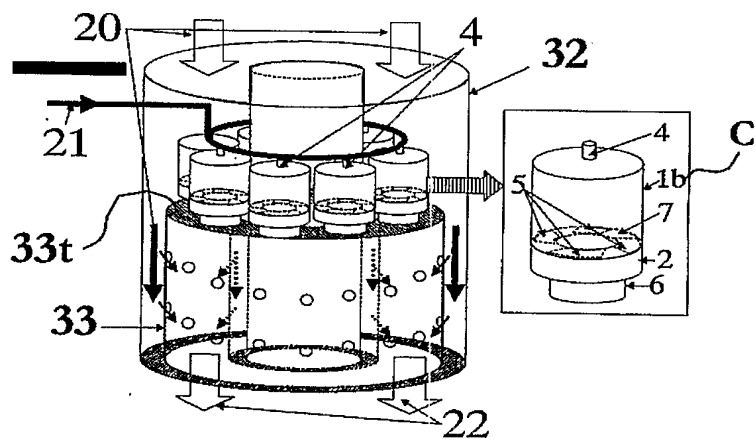
【図 28】



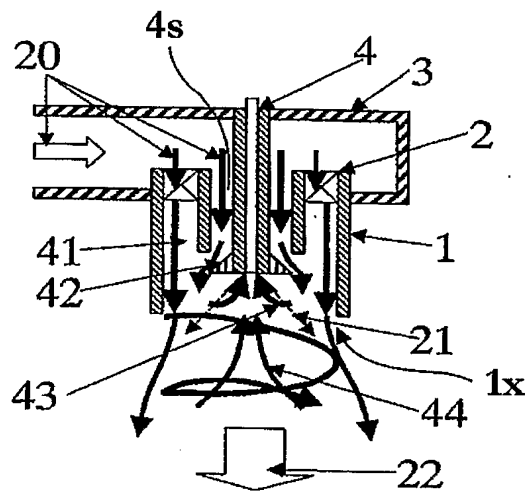
【図 29】



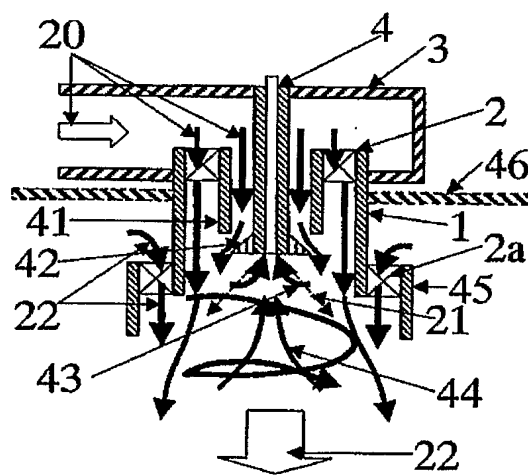
【図 30】



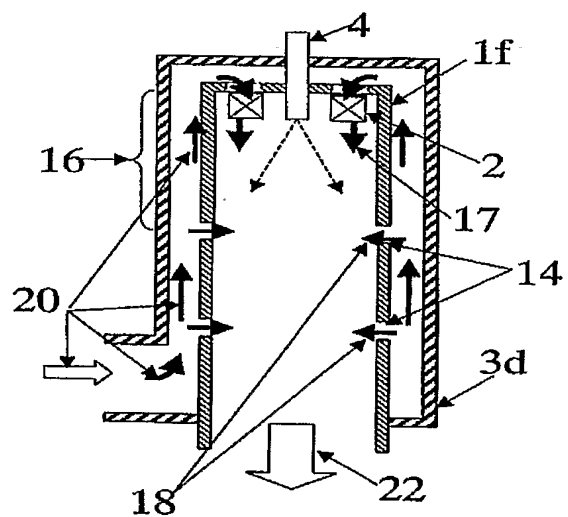
【図 3 1】



【図 3 2】



【図 33】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 単純な構成で、燃焼ガス再循環の効果を最大限に発揮する燃焼装置及び燃焼方法の提供。

【解決手段】 流入流路（5）から空気を流入して、筒状容器（1）の開放端部（1 x）から閉鎖端部（1 t）に向う速度成分を持って旋回する空気の流れを形成し、燃料（ノズル）から燃料を噴射して、筒状容器（1）の中心軸（J）に対して径方向外側に広がり角度（ α ）を持って前記筒状容器（1）の閉鎖端部（1 t）から開放端部（1 x）に向う向き（空気の流れと対向する向き）に燃料を噴射し、以って、空気流の航跡と燃料流の航跡とが2回交わり、空気流の航跡が最初に燃料流の航跡と交わるのは燃料航跡の先端近傍の領域で、空気流の航跡が燃料流の航跡と2回目交わるのは、燃料流の航跡の根元から先端近傍までの範囲である様にせしめた。

【選択図】 図 1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 4 - 0 3 2 9 3 3
受付番号	5 0 4 0 0 2 1 3 1 9 7
書類名	特許願
担当官	第四担当上席 0 0 9 3
作成日	平成 1 6 年 2 月 1 2 日

<認定情報・付加情報>

【提出日】	平成16年 2月10日
-------	-------------

特願 2 0 0 4 - 0 3 2 9 3 3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 0 2 3 9]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 3 1 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号

氏 名

株式会社荏原製作所